UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALBERTO LADISLAU FREIRE FILHO

Avaliação Ambiental da Implantação de Parques Eólicos no Estado do Rio Grande do Norte

RECIFE, 2023

ALBERTO LADISLAU FREIRE FILHO

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Artigo apresentado à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil Área de concentração: Ambiental

Orientadora: Profª. Drª. Maria do Carmo Sobral

RECIFE, 2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Freire Filho, Alberto Ladislau.
Avaliação ambiental da implantação de parques eólicos no estado do Rio Grande do Norte / Alberto Ladislau Freire Filho. - Recife, 2023.
32 : il., tab.

Orientador(a): Maria do Carmo Martins Sobral
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil - Bacharelado, 2023.

1. Energia eólica. 2. Parques eólicos.. 3. Nordeste brasileiro. 4. Impactos ambientais e sociais.. I. Sobral, Maria do Carmo Martins. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

/

UNIVERSIDADE F/EDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALBERTO LADISLAU FREIRE FILHO

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Área de Concentração: Ambiental

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato Alberto Ladislau Freire Filho. **APROVADO COM NOTA _____.**

Recife, 15 de maio de 2023.

_____
Prof. Dra. Maria do Carmo Sobral (Orientadora)

_____
Prof. Dra. Odete Mariano (coordenador da disciplina TCC)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me permitido ir tão longe apesar de tantas dificuldades ao longo de minha vida. Sem ele eu nada seria.

À minha mãe, pedagoga que sempre lutou por meus estudos e que tirou de onde não tinha para que eu nunca parasse de estudar.
Ao meu Pai, que infelizmente já falecido não poderá ver essa minha vitória de perto, mas com certeza estará vendo de longe.

À minha Coordenadora Maria do Carmo Sobral, pelo seu carinho em me ajudar, e por me guiar nessa tão difícil tarefa. Suas cobranças sempre muito carinhosa me fizeram não desistir.

Aos meus amigos da UFPE, talvez uma das partes mais importantes da faculdade, nunca vou esquecer dos momentos que vivemos nessa universidade: dos risos, das conversas, dos estudos até tarde da noite nas bibliotecas da UFPE, das confidencias, dos sonhos compartilhados, das comemorações. Sem eles nada disso seria possível.

RESUMO

O presente artigo se propõe a revisar um estudo na implementação de um parque eólico no Estado do Rio Grande do Norte, visando analisar as problemáticas encontradas e suas soluções. Além de criar uma consciência ao leitor sobre a necessidade de existir uma convivência harmônica entre o empreendimento e o meio ambiente.

.

Palavras-chave: Energia eólica, Parques eólicos, Nordeste brasileiro, impactos ambientais e sociais.

ABSTRACT

This article proposes to review a study on the implementation of a wind farm in the State of Rio Grande do Norte, aiming to analyze the problems encountered and their solutions. In addition to creating awareness in the reader about the need for harmonious coexistence between the enterprise and the environment.

Keywords: Wind energy, Wind parks, Brazilian Northeast, environmental and social impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Retenção de raios solares devido formação do efeito estufa 13
Figura 2: Produção evitada na emissão de C02 ao longo de 2020 14
Figura 3: Evolução da capacidade instalada de energia ao longo de 2021 15
Figura 4: Estados com novos parques em 2021 16
Figura 5: Produção de energia elétrica por região em 2020 e 2021 17
Figura 6: Distribuição da velocidade média do vento na região Nordeste a 100m de altura 18
Figura 7: Localização de parque eólico estudado 21
Figura 8: Avaliação do caráter dos impactos ambientais por fase do empreendimento 23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação e categorização dos efeitos de impactos ambientais 22

Tabela 2: Avaliação de impacto ambiental 25

Tabela 3: Distribuição da relação de planos e programas ambientais para mitigação dos impactos 28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 10
1.1. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO 11
1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICO 12
1.2.1 OBJETIVO GERAL 12
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO 12
2.1 MEIO AMBIENTE E SETOR ELÉTRICO 12
2.2 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE BRASILEIRO 16
2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS 19
2.4 ASPECTOS LEGAIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS 17

4.0 METODOLOGIA 20
4.1 LOCALIZAÇÃO DO PARQUE ESTUDADO 21

5.0 RESULTADOS 22
5.1 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS 23
5.2 MEDIDAS MITIGADORAS AOS IMPACTOS AMBIENTAIS 28

6.0 CONCLUSÃO 30

7.0 REFERÊNCIA 31

Introdução

Os parques eólicos são responsáveis por captar a energia gerada pelos ventos e transformá-la em energia elétrica, sem gerar emissões de gases poluentes. É baseado nesse contexto básico temos um dos principais motivadores para o desenvolvimento dessa modalidade de obtenção de energia elétrica.

As fontes de energia renováveis como solar, eólica, hidráulica, geotérmica e biomassa, são capazes de gerar eletricidade de maneira contínua e confiável, com impactos reduzidos ao meio ambiente, também podem contribuir para criação de empregos, redução da dependência de fontes não renováveis e promoção da segurança energética.
Todos esses elementos contribuem para uma transição natural dessa modalidade visto que nos últimos anos tivemos uma crescente preocupação com questões ambientais, especialmente com aumento do efeito estufa, estimulando o aquecimento global e trazendo à tona a importância dessa temática. Dentre essas várias modalidades a energia eólica tem ganhado um espaço significativo ao longo do tempo pois ela contribui por ser um sistema mais eficiente em termos de custo-benefício do que outras modalidades de energia renovável, sua manutenção e os custos operacionais são relativamente baixos evidenciando que esse modelo pode ser uma das formas mais baratas de produção de energia elétrica, Outros fatores que contribuem para seu uso é a sua aplicação em áreas remotas que são de difícil acesso.

Com isso, vemos a importância de integrar esse modelo a matriz energética brasileira. O território brasileiro oferece as condições ideais para a extrair da natureza a energia necessária com velocidade, altura e condições climáticas ideais além de contribuir para o emprego de aerogeradores tanto em terra quanto no mar. Apesar de tantos benefícios atrelado ao emprego desses empreendimentos, essas instalações necessitam de interferências e mudanças sobre o ambiente a qual será locado modificando sua paisagem, relevo, fuga de espécie nativas e impactos socioambiental no entorno da região sediada. O estudo visa se basear principalmente no território do Nordeste do Brasil, especificamente em áreas litorâneas que favorecem na movimentação das pás dos aerogeradores,

1.1 Justificativa e motivação

A geração de energia limpa e renovável é uma das principais estratégias adotadas mundialmente para reduzir a emissão de gases do efeito estufa e minimizar os impactos das mudanças climáticas. Nesse sentido, os parques eólicos representam uma alternativa viável e promissora para a produção de energia elétrica, principalmente no Brasil, que possui um enorme potencial eólico em sua extensão territorial. No entanto, a instalação desses parques podem gerar efeitos influentes no meio ambiente e na sociedade, o que torna uma avaliação dos cuidados desses aspectos.

Dessa forma, a justificativa para o presente artigo se baseia na importância de se discutir os impactos ambientais decorrentes da instalação de parques eólicos, buscando identificar e avaliar tanto os aspectos negativos quanto os positivos relacionados a esses empreendimentos. Além disso, a discussão pretende contribuir para a conscientização da sociedade sobre a importância de se adotar medidas mitigadoras e compensatórias que minimizem os impactos ambientais decorrentes dessas atividades.

Para tanto, serão definidas sobre meio biótico e físico, bem como exemplos de efeitos ambientais decorrentes da instalação de parques eólicos, tais como a alteração de habitats naturais, a fragmentação de ecossistemas, a interferência no ciclo de vida de animais, a sonora, entre outros. Diante disso, o presente artigo busca motivar o debate acerca dos impactos ambientais decorrentes da instalação de parques eólicos, bem como contribuir para o desenvolvimento de práticas ecológicas que geraram a utilização dos recursos naturais de forma equilibrada e responsável, minimizando os negativos e potencializando os benefícios dessas atividades para a sociedade e para o meio ambiente.

1.2 Objetivos gerais e específico

.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os Impactos ambientais causados pela implementação de parques eólicos no Estado do Rio Grande do Norte

1.2.2 Objetivo Específico

- Identificar e avaliar os impactos socioambientais causados pela implantação de projeto de energia eólica no estado do Rio Grande do Norte;
- Avaliar programas ambientais estabelecidos nos estudos ambientais para mitigação dos impactos ambientais.
- estabeler

2.0 Referencial Teórico

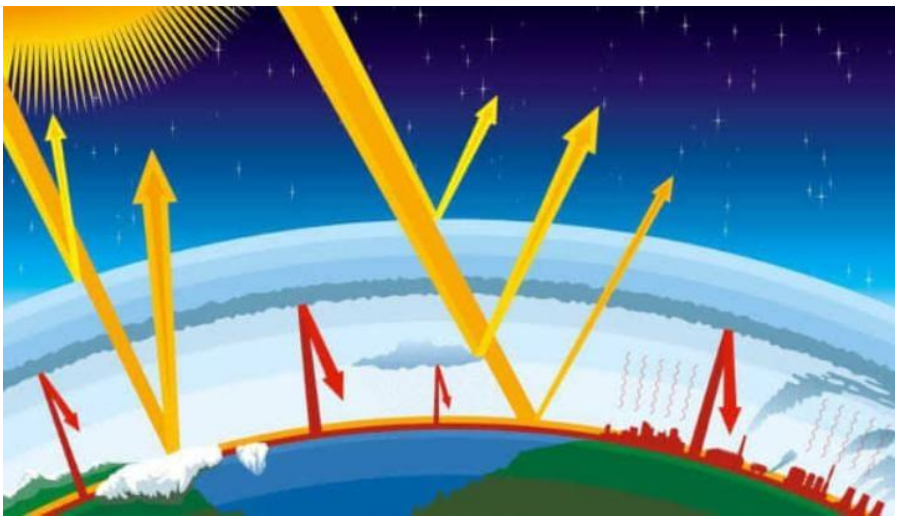
2.1 Meio ambiente e Setor elétrico

O meio ambiente é um conjunto de elementos naturais que interagem entre si, formando ecossistemas que sustentam a vida em todas as suas formas. No entanto, a exploração excessiva desses recursos e o uso de fontes de energia poluentes têm causado graves impactos ambientais e levantado a discussão sobre seus efeitos. Um dos sintomas diretamente ligado a esses impactos é um fenômeno natural, que ocorre na atmosfera terrestre, chamado de efeito estufa, sendo causado pela presença de gases como dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

Esses gases retêm o calor do sol e mantêm a temperatura da terra em níveis adequados para a vida. No entanto a emissão excessiva desses gases, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, tem provocado o aumento da temperatura média do planeta, gerando graves consequências ambientais, como o derretimento das calotas polares, o

aumento do nível dos oceanos e a intensificação de eventos climáticos extremos a figura 1 ilustra o processo de retenção dos raios solares.

Figura 1: Retenção de raios solares devido formação do efeito estufa



Fonte: Google imagens (2023)

Diante desse cenário, a busca por fontes de energia renovável, como a energia solar, eólica e hidráulica, tem ganhado cada vez mais importância. Segundo Alves e Cols (2013), as energias renováveis são provenientes de fontes naturais que se regeneram ao longo do tempo, sem esgotar os recursos naturais. Para Santos et al. (2020), a utilização de fontes de energia renovável pode contribuir significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa, sendo uma alternativa importante para a mitigação dos impactos ambientais. Essas colocações são reforçadas mediante resultados da redução na emissão de CO2 e impactos ambientais ao longo da implementação de parques eólicos como evidenciado figura 2 que traz a lançamento evitado de dióxido de carbono em toneladas ao longo dos meses em 2020 correspondendo a um valor total de 34,4 milhões de toneladas o equivalente a 34 milhões de automóveis.

Figura 2: Produção evitada na emissão de C02 ao longo de 2020

Fonte: ABEEólica 2021

O setor energético brasileiro é responsável por cerca de 60% das emissões de gases de efeito estufa no país, principalmente devido à utilização de combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão Figuereiro e Santos (2018). Nesse sentido, a utilização de fontes de renováveis, como a solar, eólica e hidráulica, podem ser uma alternativa viável para reduzir essas emissões e promover a transição para uma matriz energética mais sustentável. De acordo com Gonçalves e Brito (2016), a energia eólica é uma das principais fontes renováveis em crescimento no Brasil, com grande potencial de desenvolvimento em diversas regiões do país.

Essa contribuição tem se tornado cada vez mais importante para a sustentabilidade do meio ambiente, no Brasil a matriz energética é composta majoritariamente por recursos provenientes de hidrelétrica, e a energia eólica vem nos últimos anos como uma alternativa mais viável e contribuindo para diversificação do setor elétrico, como afirmado pela Associação Brasileira de Energia Eólica ABEEólica (2021), segundo a qual a energia eólica gerou 10,3% de toda a energia elétrica produzida no Brasil, somente em dezembro de 2021. Além disso, sua evolução ao longo do tempo é evidente conforme mostrado na figura 3 na qual ao longo dos meses em 2021 sua produção em GW (giga watts) passou de 17.867,73 GW em janeiro para 21.566,75 GW no mês de dezembro deixando claro sua importância.

Figura 3: Evolução da capacidade instalada de energia ao longo de 2021

Fonte: ABEEólica, 2021

Apesar dessa crescente evolução a má distribuição da energia elétrica no Brasil é uma realidade que vem sendo enfrentada há décadas, e é resultado de uma série de fatores, como a falta de investimento em infraestrutura e a desigualdade social Faria e Costa; (2020). Para Oliveira e Santos (2018), a concentração da geração de energia elétrica nas mãos de poucas empresas privadas também tem contribuído para a exclusão de regiões e populações mais vulneráveis, que não possuem condições de arcar com os altos custos de instalação e manutenção de sistemas de geração própria.

Nessa conjuntura, essa modalidade de energia surge como uma opção viável e significativa para a produção de energia elétrica do país. De acordo com Alves et al. (2013) a energia eólica é uma fonte renovável com potencial para substituir a geração de energia elétrica por combustíveis fósseis e reduzir as emissões de gases poluentes além de contribuir para acabar com a desigualdade na distribuição elétrica.

2.2 Potencial de Geração de Energia Eólica no Nordeste Brasileiro

O Brasil sempre se diferenciou por seu potencial de exploração em recursos naturais e quando explorado sua capacidade de geração na energia elétrica essa atividade não é diferente. Com um território vasto e diverso, o país possui condições satisfeitas para a geração de energia a partir de fontes limpas, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2020), o Brasil possui o maior potencial de energia eólica da América Latina, com cerca de 500 GW de capacidade instalada em locais com velocidade média do vento superior a 7 metros por segundo.

Em termos de produção a maior parte desse potencial encontra-se concentrado no Nordeste brasileiro. Estados como Rio Grade do Norte, Ceará, Bahia, Paraíba aumentaram demasiadamente o número de aerogeradores, conforme apresentado na Figura 4 o número de parques em funcionamento ao longo de 2021 totalizaram 110 parques eólicos sendo capaz de produzir 3,83 GW de potência ao longo do ano e contando com 42 desses parques implantados apenas no Rio Grande do Norte.

Figura 4: Estados com novos parques em 2021

	Soma de Potência (MW)	Número de Parques
RN	1.690,99	42
BA	1.073,40	33
PB	471,24	15
PI	281,40	8
CE	210,00	9
PE	99,00	2
SC	4,20	1
Total Geral	**3.830,20**	**110**

Fonte: Boletim anual ABEEólica (2021)

Conforme dados da ABEEeólica (2021) segundo o qual em 2021 a fonte eólica foi responsável por 12,8% na média de toda geração injetada no SIN – Sistema Internacional Nacional, o Nordeste teve uma contribuição em 88,7% quando relacionado com outros estados é possível ver a relevância dessa região na qual houve um crescimento de 34% desta em 2021 e 4% relativo ao Sudeste e 17% ao Norte do país a figura 5 apresenta esses dados adicionando também sua relação com ano 2020.

Figura 5: Produção de energia elétrica por região em 2020 e 2021

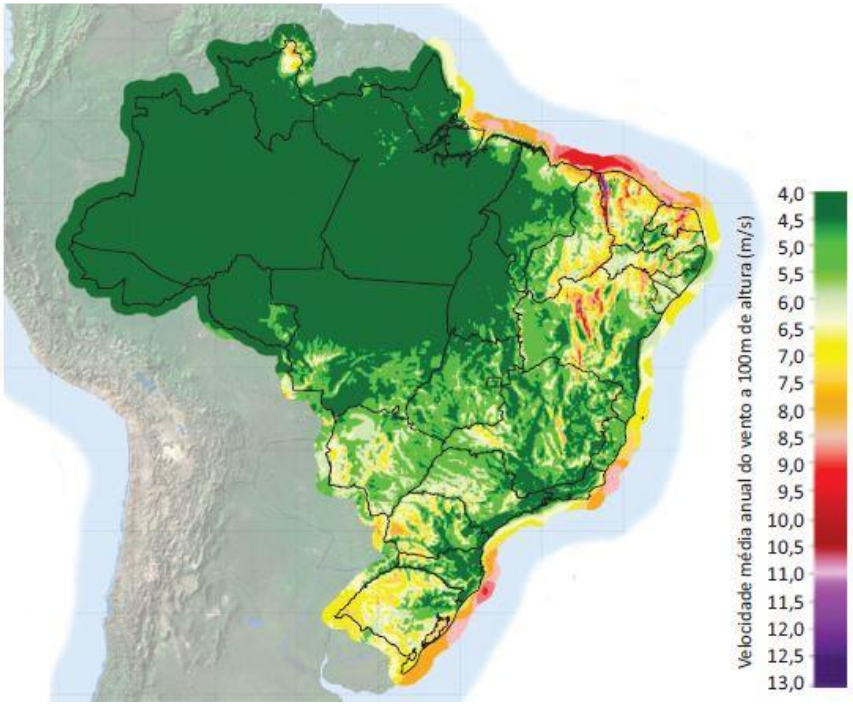
Região	2020		2021		
	Geração (TWh)	Representatividade	Geração (TWh)	Representatividade	% de crescimento
Sudeste	0,05	0,1%	0,06	0,1%	4%
Sul	6,33	11,5%	6,20	8,7%	-2%
Nordeste	47,00	85,6%	63,20	88,7%	34%
Norte	1,50	2,7%	1,76	2,5%	17%
Total	54,89	100%	71,22	100%	29,7%

Fonte: Boletim anual ABEEólica (2021)

Umas das razões para o alto potencial eólico dessa região está ligada na sua localização geográfica a qual é influenciada pelos ventos alísios que sopram do Oceano Atlântico. Para BARROS et. al (2018), a região Nordeste encontra-se em posição privilegiada em relação aos ventos alísios, que geram um fluxo constante de vento e condições favoráveis para a instalação de aerogeradores. O relevo presente nessa área é variado com planaltos, vales e colinas que favorecem a formação de canais de vento e aumentam a velocidade e a constância do vento. Segundo BEZERRA et al. (2014), a região Nordeste possui uma topográfica diversificada que oferece excelentes condições para a instalações de parques eólicos.

A combinação de todos esses fatores torna essa área uma referência para a instalação dos parques. Segundo OLIVEIRA et al. (2021) o Nordeste responde por mais de 80% da energia eólica produzida no Brasil e tem atraído investimentos significativos. A figura 6 apresenta de modo objetivo o potencial dos ventos principalmente em regiões litorâneas com uma média de velocidade de 7m/s a 100m de altura o que contribui para investimentos elevados dessa operação.

Figura 6: Distribuição da velocidade média do vento na região Nordeste a 100m de altura



Fonte: Adaptado de Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel (2013) por BNB/Etene.

2.3 Impactos Ambientais

A Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 estabelece que impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades física, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, geram a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e criativas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

A descrição dada pela resolução apresenta alguns conceitos fundamentais para o debate ambiental como meio físico e biótico. O meio físico é composto por fatores abióticos do ambiente, como o solo, a água, ou o ar e o clima, que podem ser impactados pela construção das estruturas dos parques eólicos, como as fundações das torres eólicas, as linhas de transmissão e criação de acessos. Já o meio biótico se refere aos fatores biológicos, como a fauna, a flora e a biodiversidade, que também podem ser afetados pelos impactos gerados pela instalação dos parques. Essas configurações são

importantes para entendermos que as interferências na implementação de parques eólicos podem afetar tanto o meio físico quanto o biótico. O meio físico pode ser afetado pela construção de estradas, instalação de torres eólicas, escavações para fundações, entre outros, enquanto o meio biótico pode ser afetado pela perda de habitat, fragmentação de ecossistemas, alterações no comportamento de animais, entre outros.

A partir disso, alguns efeitos negativos podem ser gerados pela consequência da implementação de aerogeradores podemos citar a interferência no habitat de animais silvestres, como a diminuição da população de aves e morcegos que colidem com as pás das turbinas eólicas, construção das estradas e linhas de transmissão necessária para o funcionamento do parque que tendem a fragmentar o habitat natural desses animais, o que dificulta a sua reprodução e sobrevivência FERNANDES et al (2019).

Apesar disso, a implementação desses empreendimentos traz benefícios importantes. Segundo SALAZAR-ORDONEZ et al (2015) como redução da emissão de gases de efeito estufa, diminuição da dependência de fontes de energia não renováveis, geração de empregos, desenvolvimento econômico local.

2.4 Aspectos legais para implementação de parques eólicos

A implantação de parques eólicos demanda uma área significativa o que acarreta em mudanças físicas e bióticas e mudanças que afetam não só a morfologia do local mas todo equilíbrio ambiental e social. Devido a isso, leis, regulamentações e decretos são importantes pois estabelecem exigências e medidas que visam proteger o meio ambiente e garantindo a necessidade social.

Nesse contexto, pode-se evidenciar os principais aspectos legais que envolvem a instalação de parques eólicos no estado, com destaque para as leis estaduais e federais, a política nacional do meio ambiente e a lei complementar 140. No âmbito federal, a política nacional do meio ambiente, criada pela Lei n° 6.938/1981, estabelece os princípios e diretrizes para a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente. Contributivamente, a resolução CONAMA n°462/2014 estabelece os procedimentos de geração de energia elétrica e exige licenciamento para parques com potencial de geração maior de 10 MW necessitando dos respectivos relatórios de impactos ambientais e estudo de impacto ambiental RIMA e EIA. A Lei Complementar nº 140/2011

desenvolve as competências dos entes federativos no licenciamento ambiental, definindo as responsabilidades dos órgãos ambientais estaduais e municipais. Essa lei também estabelece os critérios para a fiscalização ambiental e a aplicação de deduções em caso de infrações ambientais. No estado do Rio Grande do Norte, a principal legislação que trata dos parques eólicos é a Lei nº 10.352/2018, que dispõe sobre a política estadual de incentivo ao desenvolvimento sustentável da energia eólica. Essa lei estabelece os critérios para o licenciamento ambiental, a outorga de uso do solo e a concessão de benefícios fiscais para os empreendimentos eólicos no estado.

É importante destacar que a instalação de parques eólicos deve obedecer aos critérios estabelecidos por essas leis e regulamentações, garantindo a proteção ambiental e a segurança dos trabalhadores e da população local.

3.0 Metodologia

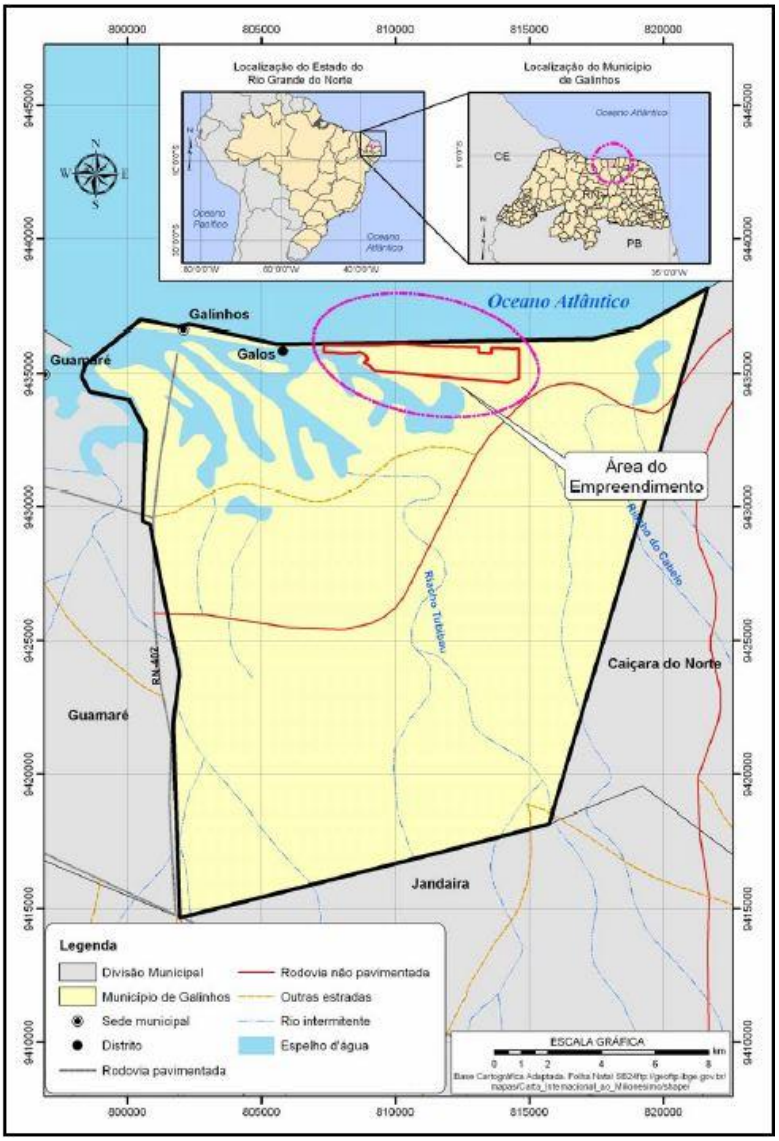
O trabalho em questão utilizou de um método de pesquisa quantitativo e qualitativo buscando extrair aspectos descritivos do parque eólico, avaliando resultados relacionais e documentais a fim de integrar todas as informações. Se atendo a descrições reais a implantação do empreendimento foi realizado buscas documentais, com análise em mapas cartográficos, fotografias, imagens produzidas por satélite e a contribuição de relatório de impacto ambiental (RIMA) disponível para consulta pública através da página oficial do IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável do Meio Ambiente) gerenciado pelo Governo do Rio Grande do Norte.

Dentre os vários documentos reunidos como artigos científicos, tese de mestrado e doutorado relacionado ao tema, o processo avaliativo para o parque em questão foi baseado completamente no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) que apresenta todas as características locais onde ocorreu a obra, possíveis impactos causados pela chegada do empreendimento, abrangendo uma atividade multidisciplinar e integrativa de estudo apresentando e contextualizando de forma científica e completa a viabilidade técnica dessa construção, levantando questionamentos a respeito de sua exploração, magnitude e apresentando as medidas necessárias para o combate aos diversos impactos socioambientais que surgiram ao longo da fase de implantação.

3.1 Localização do Parque Eólico e Características do empreendimento

O Parque Eólico conhecido como, Central Eólica Reio dos Ventos I, está localizado no município de Galinhos, no estado do Rio Grande do Norte. É composto por 35 aerogeradores, gerando um total de 58,45 MW, sua área ocupa uma extensão 669,09 hectares e está inserida ao longo do litoral do estado norte-rio-grandense. Apresenta uma morfologia fortemente ondulada, inserida em sua totalidade no campo de dunas do município de Galinhos e tem parte desta implantação realizada em propriedade particular, já contratada na modalidade de arrendamento, a Figura 7 abaixo mostra a localização do parque.

Figura 7: Localização de parque eólico estudado



Fonte: Retirado do relatório de impacto ambiental (RIMA, 2011)

4.0 Resultados

4.1 Avaliação de Impactos Ambientais

A avaliação dos impactos ambientais associados ao desenvolvimento deste empreendimento será realizada através da mensuração e atribuição, com base no relatório de Impacto ambiental (RIMA), de efeitos prognosticados é identificado conforme apresentado na Tabela 01.

Tabela 1: Avaliação e categorização dos efeitos de impactos ambientais

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	PARÂMETRO
CARÁTER	Expressa a alteração ou modificação gerada por uma ação do empreendimento proposto sobre um dado componente ou fator ambiental por ela afetado.	Positivo/Negativo
MAGNITUDE	Relacionado ao porte ou grandeza da intervenção ambiente	Baixa/Média/Alta
IMPORTÂNCIA	Característica do impacto no ambiente a ser atingido	Baixa/Média/Alta
DURAÇÃO	Temporalidade do impacto ambiental	Curta / Média / Longa
REVERSIBILIDADE	Delimita a reversibilidade do impacto ambiental em consequência da ação que o gerou.	Reversível/Irreversível
ORDEM	Grau de relação entre a ação impactante e o impacto gerado ao meio ambiente.	Direta / Indireta
TEMPORALIDADE	Espaço de tempo para retorno a condição original	Temporário / Permanente
ESCALA	Grandeza do impacto ambiental em relação à área geográfica de abrangência.	Local / Regional

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

As atribuições apresentadas nessa tabela 01 são usadas como modo de separar, categorizar e avaliar as variadas atribuições dadas a cada interferência que será

provocada na região. A estrutura de divisão adotada durante a fase de construção do empreendimento é separada em três fases cruciais para a organização e os processos mitigatórios a serem sanados sendo devidos em projeto, implementação e operação. Ao todo foram averiguados 197 impactos ambientais oriundos dessa construção dos quais 105 (53,3%) são de caráter benéfico e 92 (46,7%) são de caráter adverso, quanto ao atributo 125 (63,5%) com pequena magnitude, 72 (36,55%) de média magnitude e nenhuma ocorrência de grande magnitude.

Figura 8: Avaliação do caráter dos impactos ambientais por fase do empreendimento (mudar de figura pra quadro)

Fase de Estudos e Projetos														
CARÁTER	**Total**	**(%)**	**MAGNITUDE**	**Total**	**(%)**	**IMPORTÂNCIA**	**Total**	**(%)**	**DURAÇÃO**	**Total**	**(%)**	**CUMULATIVIDADE**	**Total**	**(%)**
BENÉFICO (+)	40	20,30	PEQUENO (MP)	41	20,81	NÃO SIGNIFICATIVA (IN)	31	15,74	CURTA (DC)	33	16,75	CUMULATIVA (CS)	22	11,17
ADVERSO (-)	6	3,05	MÉDIO (MM)	5	2,54	MODERADA (M)	14	7,11	MÉDIA (DM)	2	1,02	NÃO CUMULATIVA (CN)	24	12,18
			GRANDE (MG)	0	-	SIGNIFICATIVA (IS)	1	0,51	LONGA (DL)	11	5,58			
	46	23,35		46	23,35		46	23,35		46	23,35		46	23,35
REVERSIBILIDADE	**Total**	**(%)**	**ORDEM**	**Total**	**(%)**	**TEMPORALIDADE**	**Total**	**(%)**	**ESCALA**	**Total**	**(%)**	**SINERGIA**	**Total**	**(%)**
REVERSÍVEL (RR)	42	21,32	DIRETA (OD)	10	5,08	TEMPORÁRIO (TT)	43	21,83	LOCAL (EL)	20	10,15	COM SINERGIA (SS)	9	4,57
IRREVERSÍVEL (RI)	4	2,03	INDIRETA (OI)	36	18,27	PERMANENTE (TP)	3	1,52	REGIONAL (ER)	26	13,20	SEM SINERGIA (SN)	37	18,78
						CÍCLICO (TC)	0	-						
	46	23,35		46	23,35		46	23,35		46	23,35		46	23,35
Fase de Implantação														
CARATER	**Total**	**(%)**	**MAGNITUDE**	**Total**	**(%)**	**IMPORTÂNCIA**	**Total**	**(%)**	**DURAÇÃO**	**Total**	**(%)**	**CUMULATIVIDADE**	**Total**	**(%)**
BENÉFICO (+)	42	21,32	PEQUENO (MP)	72	36,55	NÃO SIGNIFICATIVA (IN)	43	21,83	CURTA (DC)	84	42,64	CUMULATIVA (CS)	100	50,76
ADVERSO (-)	75	38,07	MÉDIO (MM)	45	22,84	MODERADA (M)	63	31,98	MÉDIA (DM)	12	6,09	NÃO CUMULATIVA (CN)	17	8,63
			GRANDE (MG)	0	-	SIGNIFICATIVA (IS)	11	5,58	LONGA (DL)	21	10,66			
	117	59,39		117	59,39		117	59,39		117	59,39		117	59,39
REVERSIBILIDADE	**Total**	**(%)**	**ORDEM**	**Total**	**(%)**	**TEMPORALIDADE**	**Total**	**(%)**	**ESCALA**	**Total**	**(%)**	**SINERGIA**	**Total**	**(%)**
REVERSÍVEL (RR)	103	52,28	DIRETA (OD)	53	26,90	TEMPORÁRIO (TT)	92	46,70	LOCAL (EL)	76	38,58	COM SINERGIA (SS)	102	51,78
IRREVERSÍVEL (RI)	14	7,11	INDIRETA (OI)	64	32,49	PERMANENTE (TP)	25	12,69	REGIONAL (ER)	41	20,81	SEM SINERGIA (SN)	15	7,61
						CÍCLICO (TC)	0	-						
	117	59,39		117	59,39		117	59,39		117	59,39		117	59,39
Fase de Operação														
CARÁTER	**Total**	**(%)**	**MAGNITUDE**	**Total**	**(%)**	**IMPORTÂNCIA**	**Total**	**(%)**	**DURAÇÃO**	**Total**	**(%)**	**CUMULATIVIDADE**	**Total**	**(%)**
BENÉFICO (+)	21	10,66	PEQUENO (MP)	9	4,57	NÃO SIGNIFICATIVA (IN)	7	3,55	CURTA (DC)	2	1,02	CUMULATIVA (CS)	2	1,02
ADVERSO (-)	8	4,06	MÉDIO (MM)	20	10,15	MODERADA (M)	7	3,55	MÉDIA (DM)	0	-	NÃO CUMULATIVA (CN)	27	13,71
			GRANDE (MG)	0	-	SIGNIFICATIVA (IS)	15	7,61	LONGA (DL)	27	13,71			
	29	14,72		29	14,72		29	14,72		29	14,72		29	14,72
REVERSIBILIDADE	**Total**	**(%)**	**ORDEM**	**Total**	**(%)**	**TEMPORALIDADE**	**Total**	**(%)**	**ESCALA**	**Total**	**(%)**	**SINERGIA**	**Total**	**(%)**
REVERSÍVEL (CR)	28	14,21	DIRETA (OD)	17	8,63	TEMPORÁRIO (TT)	10	5,08	LOCAL (EL)	19	9,64	COM SINERGIA (SS)	12	6,09
IRREVERSÍVEL (CI)	1	0,51	INDIRETA (I)	12	6,09	PERMANENTE (TP)	19	9,64	REGIONAL (ER)	10	5,08	SEM SINERGIA (SN)	17	8,63
						CÍCLICO (TC)	0	-						
	29	14,72		29	14,72		29	14,72		29	14,72		29	14,72

Fonte: Retirado do relatório de impacto ambiental (RIMA, 2011)

Na figura 8 é possível avaliar a distribuição dada em cada fase da construção da obra na qual teremos as características de seus efeitos, avaliando suas atribuições de modo benéfico ou adverso. Na fase de operação foram constatados um total de 46 impactos sendo sua maioria de baixa magnitude, apenas uma de importância significativa,

compreendendo a maior parte de efeito temporário com sua escala abrangendo efeitos regionais, não cumulativos e em grande parte reversíveis.

Durante a fase de implementação é onde consta uma maior quantidade de impactos totalizando 117. A maioria desses impactos são de pequena magnitude, com importância moderada tendo seus efeitos de curta duração, novamente encontramos a maior parte desta sendo de caráter reversível com efeitos temporários e de escala local, aqui também concentra-se o maior número de efeitos irreversíveis quando comparado as outras fases de construção.

Em contrapartida, é na fase de operação que averígua-se a menor quantidade impactos ocasionados tendo um total de 29 ocorrências porém é nela que concentra-se as maiores ocorrências de importância significativa e de longa duração geradas ao meio ambiente, mas segue-se com interferências de média magnitude, efeitos reversíveis, temporário e de escala local. Um panorama geral para visualização dos impactos socioambientais distribuídos pela ação dessa obra é discriminada na tabela 02

Tabela 02: Avaliação de Impacto Ambiental

TABELA DE AVALIÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL - PARTE 1											
Atividade	Impactos socioambientais (IS)	Imapctos Físicos (IF)	Imapctos Bióticos (IB)	CARACTERISTICAS							
-	-	-	-	CARATÉR	MAGNITUDE	IMPORTÂNCIA	DURAÇÃO	REVERSIBILIDADE	ORDEM	TEMPORALIDADE	ESCALA
				POSITIVO (P) NEGATIVO (N)	BAIXA (B) / MEDIA (M) / ALTA (A)	BAIXA (B) / MEDIA (M) / ALTA (A)	CURTA (C) / MÉDIA (M) /LONGA (L)	REVERSÍVEL (R) / IRREVERSÍVEL (I)	DIRETA (D) / INDIRETA (I)	TEMPORÁRIO (T) / PERMANENTE (P)	LOCAL (L) / REGIONAL (R)
Geração de Empregos Diretos e Indiretos	IS	-	-	P	M	M	M	R	D	T	L
Aumento de arrecadação tributária	IS	-	-	P	M	M	C	R	D	T	R
Investimentos locais	IS	-	-	P	M	M	L	R	D	T	L
Arrendamento de terra	IS	-	-	P	M	M	C	R	D	T	L
Aumento de acidentes Locais	IS	-	-	N	M	M	C	R	D	T	L
Proliferação de vetores transmissores de doenças	IS	-	-	N	M	M	C	R	D	T	L
Alteração paisagistica	-	IF	-	N	A	A	L	R	D	T	R
Poluição Sonora		IF		N	M	M	L	R	D	T	L
Erosão, assoreamento e instabilidade de taludes	-	IF		N	M	M	L	R	D	T	L
Alteração no relevo local	-	IF		N	M	M	C	R	D	T	L
Alteração no microclima local	-	IF		N	B	B	C	R	D	T	L
Poluição dos Solos e Recursos hidricos superficiais e subterrâneos	-	IF		N	M	M	C	R	D	T	L
Perda da área vegetada e da Biodiversidade associada	-	-	IB	N	B	B	C	I	D	P	L
Fragmentação e perda de Habitats	-	-	IB	N	M	M	C	R	D	T	L
Alteração da relação Fauna e Flora	-	-	IB	N	M	M	C	R	D	T	L
Acidentes com espécies de aves migratórias	-	-	IB	N	A	A	L	R	D	P	L

TABELA DE AVALIÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL - PARTE 2							
Atividade	**Riscos/Impacto ambiental**	**Classificação do Risco**			**FASE**		
-	-	**BAIXO (B)**	**MÉDIO (M)**	**ALTO (A)**	**PROJETO (PR)**	**IMPLEMENTAÇÃO (IM)**	**OPERAÇÃO (OP)**
Geração de Empregos Diretos	-	**B**	-	-	-	IM	-
Aumento de arrecadação tributária	-	**B**	-	-	-	IM	OP
Investimentos locais	-	**B**	-	-	-	IM	-
Arrendamento de terra	-	**B**	-	-	PR	-	-
Aumento de acidentes Locais	-	-	-	-	-	-	-
Proliferação de vetores transmissores de doenças	-	-	-	-	-	IM	-
Alteração paisagistica	-	-	**M**	-	-	IM	-
Poluição Sonora	-	-	**M**	-	-		OP
Erosão, assoreamento e instabilidade de taludes	Pode remover solos férteis; reduzir capacidade do solo de sustentar vegetação .	-	**M**	-	-	IM	-
Alteração no relevo local	Afeta o habitat natural de diversas espécies de plantas e animais.	-	**M**	-	-	IM	-
Alteração no microclima local	Afeta a distribuição e a composição da vegetação local ocasionando perda de espécies sensíveis ao clima.	**B**	-	-	-	IM	OP
Poluição dos Solos e Recursos hidricos superficiais e subterrâneos	afeta a qualidade da água local colocando riscos espécies locais,produtividade agrícola e coloca em risco a saúde humana.	**B**	-	-	-	IM	-
Perda da área vegetada e da Biodiversidade associada	Alteração significativa no ecossistema local, afetando a interação entre as espécies e a capacidade do ecossistema de sustentar a vida.	-	**M**	-		-	-
Fragmentação e perda de Habitats	Perda de espécies de plantas e animais que dependem de habitats específicos para sobreviver.	-	**M**	-		-	
Alteração da relação Fauna e Flora	Perda de biodiversidade, desequilíbrio ecológico, dispersão de espécies invasoras e mudanças na produção agrícola.	-	**M**	-		-	OP
Acidentes com espécies de aves migratórias	Perda da população de aves ,disseminação de doenças pois aves migratórias podem transportar doenças e parasitas de um local para outro, e os acidentes que envolvem essas aves podem aumentar o risco de disseminação de doenças.	-	-	**A**		-	OP

desenvolvido pelo próprio autor

Podemos observar que durante toda a fase de projetos/planejamento não está evidenciado nenhum impacto provocado no meio físico ou biótico mas estudos que visam prever problemas futuros com a implantação da obra e sugestão de medidas combativas. Porém, durante essa etapa ocorrerá contribuições significativas com impactos locais e regionais como geração de emprego, arrecadação de impostos, valorização da área no entorno da obra, o que contribui para expectativa da população.
A fase de implementação detém o maior número de impactos diretos. A tabela 2 reforça esses números ao expressar impactos como contaminação do solo, que afeta qualidade do ar, devido ao tráfego de máquinas, podendo causar prejuízos a saúde dos trabalhadores e da população do entorno, produção de resíduos sólidos, contaminando o solo e águas subterrânea, modificação da estrutura morfológica da região alterando a paisagem, mudando o habitat natural de espécies nativas o que contribui para o seu desaparecimento.

Durante o processo de operação encontramos a menor quantidade de impactos ao longo do funcionamento do parque eólico. É válido salientar que essa menor quantidade advém de uma logística e boa implementação de todos os processos de programas de planejamento que visam mitigar ou restaurar os diversos pontos que sofreram diretamente e indiretamente com a chegada dos aerogeradores, aqui temos um prognóstico de adversidades devido ao ruído ,o que durante a implementação é necessário um estudo bem planejado de locação da obra afim de evitar o surgimento de doenças na comunidade e riscos as espécies na região, acidente devido a abertura das vias de acesso e redução dos empregos devido a finalização da obra visto que a operacionalidade dos parques eólicos necessita de equipes reduzidas.

5.2 Medidas Mitigadoras aos Impactos Ambientais

A tabela 03 a seguir estabelece as medidas adotadas para prevenção das alterações dos parâmetros físicos e biológicos locais. É valido destacar que a área sobre a qual será construída o empreendimento trata-se de um campo de dunas onde não há sinais de vegetação vigente, mas uma forte predominância de uma superfície ondulada. As medidas retratadas no relatório de impacto ambiental são baseadas em um prognóstico futuro e adoção de programas para controle e monitoramento ambiental, que tem como principais objetivos a mitigação ou absorção dos impactos adversos e aproveitamento de ocorrências benéficas.

Tabela 03: Distribuição da relação de planos e programas ambientais para mitigação dos impactos

Programas para o Controle e Monitoramento Ambiental	
PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DAS OBRAS	Plano Ambiental para Construção PAC Programa de Sinalização das Obras do Empreendimento Programa de Proteção do Trabalhador e Segurança do Ambiente de Trabalho
PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL	Programa de Comunicação Social Programa de Educação Ambiental Programa de Responsabilidade Social Programa de Diagnóstico e Prospecção Arqueológica Programa de Preservação dos Recursos Hídricos e Paisagísticos Programa de Controle da Erosão e Sedimentação Programa de Controle de Limpeza do Terreno Programa de Proteção e Manejo da Fauna Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS Programa de Recuperação das Áreas Degradadas Programa de Monitoramento da Fauna Programa de Monitoramento de Ruídos

Fonte: Desenvolvido pelo próprio autor

Cada programa apresentado é discutido uma série de medidas preventivas de controle e acompanhamento, tendo como base as características ambientais avaliadas, seu processo de ocorrência e princípios de intervenção ao saneamento básico e ambiental baseando-se em conhecimentos técnicos de cada área, é válido salientar que a avalição desses programas apresentados neste trabalho não é específicas, fazendo-se apenas uma avaliação geral desta.

Os programas listados na tabela podem ser categorizados em suas fases de evolução da obra (Planejamento, Implantação, Operação). No processo de projeto/ Planejamento teremos um impacto voltado a expectativa da população para geração de empregos, aumento de arrecadação tributária, arrendamento de terras como fatores positivos e alteração na paisagem local, fuga de espécies nativas colocando-se como pontos negativos, com isso programas de comunicação social faz-se necessário para esclarecer dúvidas e fomentar a aceitação da comunidade sobre o empreendimento.

Diferente da etapa anterior, na fase da implementação diversos planos serão apresentados e executados simultaneamente ao desenvolvimento da obra. Alguns desses como integração de plano ambiental para construção visando um estudo de locação, minimização de riscos e de interferências morfológicas na região local ao ser instalado os aerogeradores. Um plano de sinalização das obras do empreendimento visto que é previsto muitos acidentes com espécies locais ao ser construídas novas estradas e uso de maquinário pesados, além de incluir programa de proteção do trabalhador e segurança do ambiente e trabalho, nessa fase foi aplicado um plano de gestão ambiental na qual existem programas bem definidos ao contra geração de resíduos sólidos, controle de erosão e sedimentação devido abertura de vias de acesso, monitoramento da fauna e flora local uma vez que haverá uma interferência direta no habitat natural dessas espécies.

Com a operação do empreendimento é estabelecido medidas que destinam-se a contínua prevenção de efeitos negativos na região. Algumas dessas está no programa de monitoramento contra a fauna local rem razão de possíveis acidentes entre a movimentação das pás dos aerogeradores e avifauna locais, causando morte e possível redução dessa população local, produção de ruídos dos aerogeradores impactando a vida

da comunidade local com doenças como depressão, insônia, logo é feito um acompanhamento na produção de decibéis além de durante a implementação o estudo de locação das torres prever um distanciamento adequado.

6.0 Conclusão

A região do Rio Grande do Norte tem sido um dos principais alvo como localização para instalação de parques eólicos devido sua viabilidade locacional. A discussão apresentada neste trabalho apresenta que esse crescimento é importante mais que é necessita de dados, estudos, processos de execução bem definidos para sua aplicação.

No Brasil é evidente a necessidade de fontes renováveis e uma maior diversificação de produção de energia na matriz energética do país, com isso essa modalidade apresenta uma das soluções viáveis com forte potencial de crescimento e colocando-se com um contraponto viável a utilização de combustíveis fósseis. No entanto, de sua evidência como fonte limpa de energia impactos associados a esta de empreendimento não devem ser ignorados. Sua implementação acarretam efeitos sobre o meio físico e biótico como alteração da paisagem, fragmentação de habitats, colisão de aves e a perturbação da fauna local, alteração morfológica da região, risco de contaminação sobre uma área ainda não tocada pelo homem além de avaliar seu papel social e consequência para comunidades locais.

Por isso, é fundamental que sejam realizados estudos de impacto ambiental para avaliar os efeitos das atividades sobre o meio ambiente e que sejam adotadas medidas de mitigação e compensação dos danos causados. Apesar da contribuição do recurso eólico ser da ordem de 6% da matriz elétrica nacional, sua potencialidade e recursos variados são fatores que evidenciam um grande potencial ainda não explorado no país.

7.0 Referências

ALVES, F. L. *et al.* **Energias renováveis: conceitos, tecnologias e sustentabilidade**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2013. v. 1, 251 p.

AMARANTE, O. A. C.; ZACK, M. B. J.; SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília**: MME, ELETROBRAS, CEPEL, CRESESB, TrueWind Solutions e Camargo Schubert Engenharia Eólica, 2001

ABEEÓLICA – **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA**. *Boletim anual de geração eólica 2016*. 2016. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br>. Acesso em 20 de abril de 2023.

BARROS, H. A. *et al.* **Energia eólica no Nordeste: evolução e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA**, 25., 2018, Natal. Anais [...]. Natal: ABCM, 2018. v. 25, p. 1-9.

BEZERRA, B. S. *et al.* **Panorama das energias renováveis no Nordeste brasileiro: potencial e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA**, 23., 2014, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: ABCM, 2014. p. 1-10

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Estabelece normas para o licenciamento ambiental de empreendimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Seção 1, p. 1447-1451.

FIGUEIREDO, A. B.; SANTOS, J. O. C. de. **Potencial e limitações das energias renováveis no Brasil**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 2018, v.1; n.1,pag 1-12.

FARIA, E. A.; COSTA, T. J. **Distribuição de energia elétrica no Brasil: Uma análise a partir da regulação**. Revista Iberoamericana de Economía Energética, v. 8, n. 15, p. 23-41, 2020.

FERNANDES, F. M. *et al.* **Impactos ambientais da energia eólica: uma revisão crítica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE TECNOLOGIA E SISTEMAS DE INOVAÇÃO**, 15., 2019, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019. p. 1-14.

GONÇALVES, L. M. P.; BRITO, M. J. E. O. Energia eólica no Brasil: panorama atual e perspectivas. In: **CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**, 15., 2016, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, DF: MME, 2021. Volume 1, p.258.

OLIVEIRA, M. L. F. et al. **Análise dos aspectos socioambientais relacionados à instalação de parques eólicos no Nordeste do Brasil**. Revista Ibero-Americana de Estratégia, v. 20, n. 1, p. 19-35, 2021.

SALAZAR-ORDONEZ, M.; BARRETO-TORRES, M. A.; TRUJILLO-TORRES, J. M. **The impact of renewable energy on economic growth and environmental sustainability**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 50, p. 876-88, 2015.

SANTOS, C. A. M. et al. **Energias renováveis e o impacto na redução das emissões de gases de efeito estufa. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 4, p. 14-21, 2020.