



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DOUGLAS FELIPE DE ARAUJO

PANORAMA DO SETOR EÓLICO NO RIO GRANDE DO NORTE
NOS ÚLTIMOS 10 ANOS

ANGICOS

2022

DOUGLAS FELIPE DE ARAUJO

**PANORAMA DO SETOR EÓLICO NO RIO GRANDE DO NORTE
NOS ÚLTIMOS 10 ANOS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Leonardo Magalhães Xavier da Silva

ANGICOS

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

AA663 Araújo, Douglas Felipe de.
p Panorama do setor eólico no Rio Grande do Norte
nos últimos 10 anos / Douglas Felipe de Araújo. -
2022.
62 f. : il.

Orientador: Leonardo Magalhães Xavier Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. Matriz Energética. 2. Desenvolvimento. 3.
Sustentabilidade. I. Magalhães Xavier Silva,
Leonardo , orient. II. Título.

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

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

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

DOUGLAS FELIPE DE ARAUJO

**PANORAMA DO SETOR EÓLICO NO RIO GRANDE DO NORTE
NOS ÚLTIMOS 10 ANOS**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 23 / 11/ 2022.

BANCA EXAMINADORA

Leonardo Magalhães Xavier Silva, Prof. Me. (UFERSA)
Presidente

Maristélio da Cruz Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Andrezza Cristina da Silva Barros Souza, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, queria agradecer a Deus por permitir que eu estivesse aqui, que me ajudou, me amparou, me abençoou em toda trajetória da minha vida.

Quero agradecer a minha família por todo esforço que fazem, por mim e por meus irmãos, por toda confiança e principalmente por todo amor que recebo deles. Quero agradecer a meu irmão Daniel, que me ajuda bastante e é sempre um espelho e uma inspiração pra mim, assim como Danilo que apesar de mais novo é uma pessoa que sempre aprendo com ele.

Obrigado a minha namorada, que já é minha família também, apesar da distância, estar comigo em todos os momentos, é ela que vou quando estou sufocado, é ela que consegue carregar minhas energias com uma mensagem, é a pessoa que fica muito feliz com minhas conquistas, por isso tenho o prazer de agradecer a ela.

Quero agradecer, as minhas avós que tanto me ajudam com um simples sorriso, ou até mesmo com uma tapioca e café da tarde.

A todos os meus companheiros de casa na cidade de Angicos, em especial aos atuais, Álvaro, Cássio, Kássio e Washington, que fazem com que os dias distantes da família sejam mais leves, assim como são apoios uns aos outros.

Amo vocês, obrigado meu Deus!

RESUMO

A crescente procura por alternativas de fontes de energia que sejam limpas e renováveis, faz com que a energia eólica, apresente-se como uma boa opção, já que possui excelente eficiência energética, custo razoável, não libera gases e é de fonte inesgotável. Por isso o setor eólico no Brasil, principalmente na Região Nordeste, mais precisamente no Rio Grande do Norte, que apresenta o maior potencial eólico do Brasil devido ao favorecimento dos ventos na região, encontra-se em forte crescimento, concretizando-se como umas das principais fontes de geração de energia el. Em consequência disso, o Estado Potiguar hoje apresenta o maior potencial instalado no país, assim como é o estado que mais contribui para a geração de energia eólica. Com isso, o estudo do panorama do setor eólico no estado do Rio Grande do Norte na última década, que apresentou a maior crescimento em termos de produção, assim como de potencial instalado, utilizou como metodologia pesquisa bibliográfica em artigos, revistas científicas, monografias, boletins anuais de produção de energia, livros, busca na internet, sobre os conceitos, aspectos históricos, dados do setor eólico. Dessa forma, é mostrado o desenvolvimento do setor eólico no Rio Grande do Norte, os impactos na economia e no meio ambiente, trazendo a energia eólica como viés de desenvolvimento no Estado Potiguar, ainda mais apresentando as principais barreiras, dificuldades encontradas para o crescimento da geração de energia proveniente dos ventos no estado. Portanto, como resultados foram obtidas maneiras de alavancar ainda mais o setor eólico no Rio Grande do Norte, como soluções dos problemas apresentados, também trouxe a relação do desenvolvimento proporcionado nas cidades que receberam a criação das usinas geradoras de energia, afim de incentivar a disseminação dessa forma de energia em todo o estado e garantir que esse recurso seja utilizado de forma mais eficaz em benefício da população e com maiores aproveitamentos. Destaca-se, para a criação por parte do governo projetos para a qualificação de mão de obra para população, crescimento do PIB e IDHM dos municípios que receberam parques eólicos, incentivos a tecnologia por parte do governo Estadual e Federal, porém que apresenta problemas de infraestrutura e de logística, durante o processo de desenvolvimento.

Palavras-chave: Matriz Energética. Desenvolvimento. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The growing demand for alternative energy sources that are clean and renewable, makes wind energy a good option, since it has excellent energy efficiency, reasonable cost, does not release gases and is an inexhaustible source. That is why the wind sector in Brazil, mainly in the Northeast Region, more precisely in Rio Grande do Norte, which has the greatest wind potential in Brazil due to the favorable winds in the region, is in strong growth, becoming one of the main sources of energy in the Brazilian energy mix. As a result, the Potiguar State currently has the greatest installed potential in the country, as well as being the state that most contributes to the generation of wind energy. With this, the study of the panorama of the wind sector in the state of Rio Grande do Norte in the last decade, which presented the greatest growth in terms of production, as well as installed potential, used as a methodology bibliographic research in articles, scientific journals, monographs, annual energy production bulletins, books, internet searches, about the concepts, historical aspects, data of the wind sector. In this way, the development of the wind sector in Rio Grande do Norte is shown, the impacts on the economy and the environment, bringing wind energy as a development bias in the Potiguar State, even more presenting the main barriers, difficulties encountered for the growth of generation of energy from the winds in the state. Therefore, as results, ways were obtained to further leverage the wind sector in Rio Grande do Norte, as solutions to the problems presented, it also brought the relationship of the development provided in the cities that received the creation of energy generating plants, in order to encourage the dissemination this form of energy throughout the state and ensure that this resource is used more effectively for the benefit of the population and with greater use. It stands out, for the creation by the government of projects for the qualification of manpower for the population, growth of the GDP and IDHM of the cities that received wind farms, incentives to technology by the State and Federal government, but that presents problems of infrastructure and logistics during the development process.

Keywords: Energy matrix. Development. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Componentes de um aerogerador.....	24
Figura 2	–	Turbinas do Parque Eólico Offshore Alpha Ventus, na Alemanha.....	32
Figura 3	–	Mapa do potencial eólico no Rio Grande do Norte em altura de 50, 75 e 100 metros.....	36
Figura 4		Buraco interdita rodovia RN-118 no interior do RN.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Evolução da matriz energética mundial (1850-2000)	21
Gráfico 2	- Evolução da capacidade instalada no Brasil entre 2005-2019	23
Gráfico 3	- Matriz energética no Brasil em 2011	28
Gráfico 4	- Matriz energética no Brasil em 2020	29
Gráfico 5	- Geração de Energia Elétrica por Fonte no Brasil em 2020	32
Gráfico 6	- Evolução entre (2011 e 2016) do setor eólico no Rio Grande do Norte	38
Gráfico 7	- Evolução da capacidade eólica instalada no Rio Grande do Norte	40
Gráfico 8	- Evolução da geração de energia eólico no Rio Grande do Norte	41
Gráfico 9	- Geração de energia eólica em média (MW) ao mês ao longo do ano de 2021 no Rio Grande do Norte	42
Gráfico 10	- Emissões de CO ₂ evitadas no Brasil em toneladas por mês	46

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	–	Potencial eólico brasileiro	30
Mapa 2	–	Localização geográfica do estado do Rio Grande do Norte.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Energia gerada nos estados que ocupam as cinco primeiras posições durante 2017.....	39
Tabela 2	– Energia gerada nos estados que ocupam as cinco primeiras posições em 2021.....	41
Tabela 3	– PIB per capita de municípios no Rio Grande do Norte que tiveram a construção de parques eólicos	44
Tabela 4	– Potencial instalado no Rio Grande do Norte no período de 2012-2015	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CERNE	Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia
CNT	Confederação Nacional do Transporte
C02	Dióxido de Carbono
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
CT-Gás ER	Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis
Cosern	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
EWE	European Wind Energy Association
FIERN	Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte
GW	Gigawatt
GWE	Global Wind Energy Council
IBGE	Instituto Brasileiro Geográfico
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Médio
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Irena	Agência Internacional para as Energias Renováveis
MW	Megawatt
O&M	Operação e Manutenção
PACTI	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Rio Grande do Norte
PIB	Produto Interno Bruto
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RN	Rio Grande do Norte
Sedec	Secretaria de Desenvolvimento Econômico
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TW	Terawatt
TWh	Terawatt-hora

UFERSA	Universidade Federal Rural do Semiárido
USP	Universidade de São Paulo
WWF	World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Energia renovável.....	18
1.2	Objetivo geral.....	18
1.3	Objetivo específico	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Aspecto histórico no mundo	20
2.2	Aspectos históricos no Brasil	22
2.3	Aspectos conceituais.....	23
2.3.1	Componentes de um aerogerador.....	24
2.3.1.1	Pás.....	25
2.3.1.2	Rotor.....	25
2.3.1.3	Torre	25
2.3.1.4	Nacelle.....	25
2.3.1.5	Gearbox (caixa multiplicadora)	25
2.3.1.6	Gerador e Anemómetro.....	26
2.4	Funcionamento dos aerogeradores	26
3	ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	28
3.1	Potencial eólico no Brasil	29
3.2	Cenário atual.....	32
3.3	Região Nordeste	33
4	RIO GRANDE DO NORTE	35
4.1	Ventos Riograndenses	36
4.2	Potencial eólico no Rio Grande do Norte	37
4.3	Desenvolvimento do setor eólico no Rio Grande do Norte	37
4.3.1	Perspectivas futuras do setor eólico no Rio Grande do Norte.....	42

4.4	Impactos socioeconômico no estado do Rio Grande do Norte através do setor eólico ..	43
4.5	Contribuição do setor eólico para o meio ambiente ..	45
4.5.1	Desenvolvimento sustentável.....	46
4.6	Desafios enfrentados pelo Rio Grande do Norte para o desenvolvimento do setor eólico.....	48
5	METODOLOGIA.....	51
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES ..	51
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A produção e a disseminação de energia estão historicamente no centro das questões ligadas ao desenvolvimento econômico, como por exemplo: a primeira e segunda revoluções industriais (NASCIMENTO, 2012). No entanto, conforme Santos (2013), sua importância vai ainda mais além, sendo a energia essencial não só no intuito de criar condições para o desenvolvimento econômico de um país, como também, através do abastecimento energético das diferentes regiões, proporcionar melhores condições sociais e qualidade de vida para a população.

Entretanto, a matriz energética mundial sempre foi concentrada em fontes de energias não renováveis, provenientes da exploração e utilização de combustíveis fósseis, caracterizados por serem não renováveis e grandes emissores de CO₂, gás contribuinte ao efeito estufa (VENTURA FILHO, 2009).

Diante desse cenário, nas últimas duas décadas, segundo a Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA), o mundo em geral voltou-se suas atenções para a produção energética limpa, acarretada principalmente pelo avanço da tecnologia (oferta) e pela alta emissão dos gases do efeito estufa. E como uma das soluções, houve um avanço significativo no estudo e na aplicação do setor eólico no mundo, por apresentar uma boa produção energética e sendo uma energia considerada limpa, renovável e disponível em todos os lugares (ALVES, 2010; RODRIGUES et al., 2015).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) em 2021, no Brasil houve o maior crescimento no setor eólico. Estudos apontam aumento de 55,2% na geração eólica em relação ao mesmo período de 2020. Ainda segundo a Aneel, em fevereiro de 2021, o Brasil contabiliza 695 parques eólicos e mais de 8,3 mil aerogeradores, que somam 18 GW de capacidade instalada.

Contudo, o estado do Rio Grande do Norte se apresentou com um dos maiores potenciais para a instalação da energia eólica no Brasil, e após investimentos do setor privado e público se tornou hoje o principal produtor energético do meio. Ainda de acordo com a Aneel no fim do ano passado chegou à marca de mais 5 GW, cerca de 30% da produção nacional. Logo, o Rio Grande do Norte enfrenta desafios e busca agarrar oportunidades para que o setor eólico se consolide enquanto um vetor de desenvolvimento para o estado.

1.1 Energia renovável

Os tipos de energias são divididos em dois grupos, as mesmas são classificadas de acordo com as suas fontes. No mundo tem predomínio das energias não renováveis, onde se pode dizer que são aquelas que se encontram na natureza em quantidades limitadas e se extinguem com a sua utilização como, por exemplo, os combustíveis fósseis (carvão, petróleo bruto e gás natural) e o urânio, que é a matéria-prima necessária para obter a energia resultante do processo de fusão nuclear (ALISON, 2006).

Porém, tem uma crescente alteração das formas de fabrico de energia, juntamente com a ampliação de fontes renováveis, que possibilitam, ao decorrer desta nova fase, modificar de uma matriz energética baseada em recursos fósseis para uma matriz energética predominantemente renovável (recurso que se reabastece naturalmente: chuva, sol, vento, maré, energia geotérmica), eventualmente sejam o tema mais discutido e popular deste cenário junto à sustentabilidade, observando as discussões relacionadas ao aquecimento global e às mudanças climáticas (PHILIPPI JR; REIS, 2016).

Diante desse contexto, o desenvolvimento das energias renováveis deu-se principalmente, a atual dependência que temos de recursos energéticos não-renováveis que pela estimativa se pode prever a futura escassez que haverá dos mesmos. Outro fator importante é a busca permanente de novas opções tecnológicas energéticas que não geram degradação da atmosfera, do solo, de recursos hídricos e do meio ambiente de uma maneira geral, sempre levando em conta as fontes de energia intermináveis que temos no planeta (ALISON, 2006).

1.2 Objetivo geral

Realizar um estudo em geral, como uma linha do tempo, do setor eólico do Rio Grande do Norte nos últimos 10 anos, buscando ressaltar como o estado se tornou o líder da produção energética através dos ventos. E por meio das análises durante esse período, incentivar a disseminação dessa forma de energia em todo o estado e garantir que esse recurso seja utilizado de forma mais eficaz em benefício da população e com maiores aproveitamentos.

1.3 Objetivo específico

Para alcançar os objetivos da pesquisa, primeiramente houve a definição do tema em paralelo com a identificação dos objetivos e problemas a serem solucionados, juntamente com o levantamento da pesquisa bibliográfica. No próximo passo, será interpretado todo conteúdo e dados da pesquisa bibliográfica para inserir no texto da melhor forma. Por fim, posteriormente a realização do texto, será organizada à apresentação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspecto histórico no mundo

A energia dos ventos é empregada para a movimentação de diversos engenhos do homem desde os primórdios da civilização, segundo Lopez (2002). Há milênios essa fonte é utilizada para atividades como o beneficiamento de grãos e o bombeamento d'água, dividindo espaço com outras tecnologias como a tração animal e rodas d'água ao longo do avanço da atividade agrícola. Burton et al. (2001) também apresenta o vento como essencial para a navegação, mesmo antes da invenção dos moinhos.

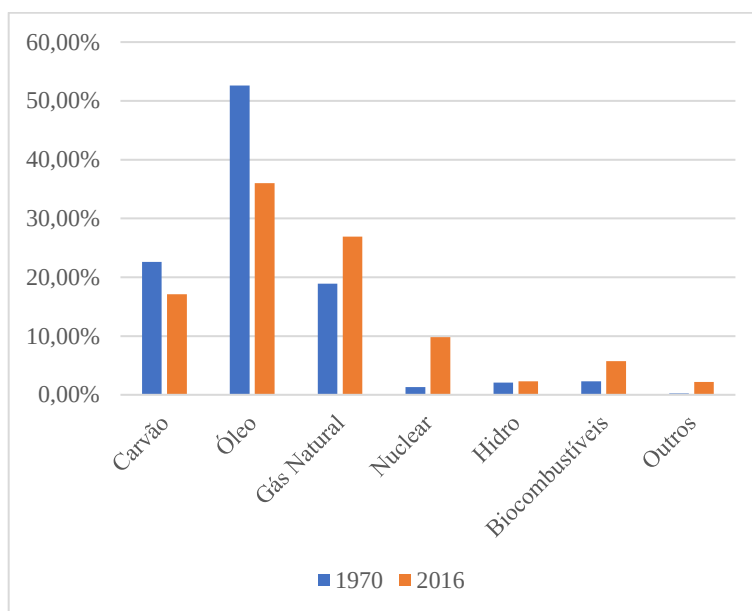
O primeiro registro histórico da utilização de moinhos é da Pérsia, por volta de 200 A.C. Na Europa, o desenvolvimento de moinhos de vento iniciou no retorno das Cruzadas, o que culminou em sua ampla utilização para bombeamento d'água na Holanda entre os séculos XVII e XIX, possibilitando a drenagem de áreas abaixo do nível do mar, o que reforça a importância de seu uso na época. Mais tarde, essa tecnologia se espalhou pelo mundo e encontrou outras aplicações, como serrarias, prensas de grãos e fábricas de papel (DUTRA, 2008).

De acordo com Alves (2017) o final do século XIX foi marcado pela Revolução Industrial, que trouxe consigo o declínio do uso tradicional da energia eólica. A profunda transformação nos processos de produção introduziu o uso em massa de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural, etc.), caracterizados pelo alto teor energético, flexibilidade na utilização e facilidade de transporte. Por outro lado, o avanço das redes elétricas motivou pesquisas com o objetivo de adaptar os moinhos para a geração de eletricidade, com o primeiro aerogerador sendo desenvolvido pelo americano Charles Brush em 1888 (DUTRA, 2008).

Diante deste contexto, em meados do século XX o mundo era caracterizado pelo predomínio dos combustíveis fósseis na matriz energética, principalmente a combustão, como as principais matrizes energéticas. Todavia, a partir dos choques petrolíferos da década de 70, diversos países viram-se na necessidade de investir em estudos de novas fontes de energia, já que a maioria deles como os da Europa e os EUA utilizavam dessa fonte de energia, os quais tiveram uma participação de 85% na matriz energética mundial em 1980 (VENTURA FILHO, 200) e pouco menos na primeira década do século XXI, cerca de 80%, conforme Mota & Monteiro (2013). Nessa época as primeiras discussões acerca do desenvolvimento

sustentável estavam sendo elaboradas por cientistas que se preocupavam com a problemática ambiental que se prosseguia pelo mundo.

Gráfico 1: Matriz energética mundial de 1970 e 2016.



Fonte: Autoria própria, segundo dados da IEA, 2017.

Portanto, através dessa nova configuração mundial, mostrada no Gráfico 1 o desenvolvimento de aerogeradores em escala comercial foi possível cerca de um século depois, com o interesse nessa tecnologia intensificado pelas complicações da crise do petróleo a partir dos anos 70 (BURTON et al., 2001). O número de turbinas eólicas instaladas no mundo disparou de 150 em 1981 para 16000 em 1985 (GNOATTO, 2017). De acordo com Magalhães (2009), as mudanças políticas necessárias à viabilização da energia eólica se deram rapidamente nos países desenvolvidos, ocorrendo de forma muito mais lenta nos países subdesenvolvidos principalmente pela escassez de recursos para investimento em pesquisa e desenvolvimento.

Mais recentemente, a preocupação com a degradação do meio ambiente surgiu como outro fator limitante para o uso dos combustíveis fósseis. Brown (2003) afirma que se criou uma economia fora de sincronia com o ecossistema do qual ela depende. Considerada o marco inicial dessa questão a nível global, a Conferência de Estocolmo, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1972, abriu o debate sobre os perigos trazidos pelo uso intensivo de combustíveis fósseis (GNOATTO, 2017). Nesse cenário, os esforços governamentais vão na direção de uma mudança gradual dos processos produtivos e da matriz

energética, a fim de mitigar seu impacto ambiental negativo e adequá-los à ideia de desenvolvimento sustentável.

2.2 Aspectos históricos no Brasil

Diante dos avanços registrados em outros países do mundo ao longo do século XX, como aplicações na Segunda Guerra Mundial e o desenvolvimento das primeiras turbinas eólicas de médio e grande porte (CEPEL, 2008), o potencial eólico brasileiro se tornou alvo de estudo já na década de 70 (SALINO, 2011).

Todavia, apenas em 1992 foi registrado em Fernando de Noronha a primeira unidade de teste, que tinha cerca de 1MW de potência. Esse teste, resultou em um aprofundamento no estudo a respeito do potencial eólico brasileiro e para a instalação de uma quantidade cada vez maior de turbinas eólicas (WWF-Brasil, 2015).

Com algumas pesquisas animadoras, foi visto com bons olhos o investimento nessa área. como no Ceará, na década de 90, que apresentou um potencial aproveitável de 12,0 TW/h na altura de 50 metros e de 51,9 TW/h na altura de 70 metros, com ventos médios anuais superiores a 7 m/s (AMARANTE et al., 2001).

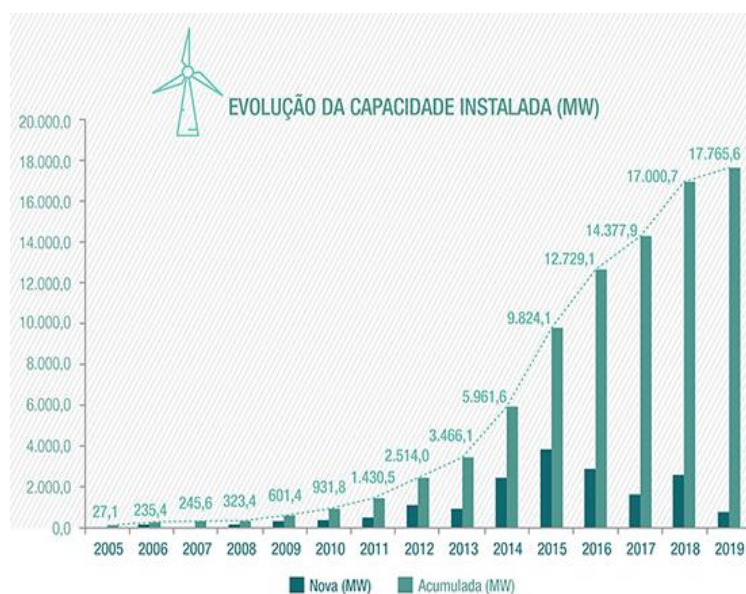
Contudo, o estopim para implantação e intensificação dos estudos foi no início dos anos 2000, que aconteceu uma crise energética devido ao aumento do PIB, que acarretou uma maior demanda do uso da energia elétrica, enquanto a produção não acompanhou, existindo assim uma descompensação. Como resultado disso, o Governo brasileiro passou a investir em programas que incentivassem mais a produção de energia elétrica vinda de outras fontes limpas além da hidráulica ((ÊGO FILHO et al., 2001; TOLMASQUIN, 2000).

Assim foi o criado o Programa Emergencial de Energia Eólica que determinou a implantação, até o final de 2003, de 1050 MW de geração de energia elétrica a partir da fonte eólica (Ferreira, 2008). Um ano depois foi criado o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), que, contando com um financiamento de até 80% do BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), estabeleceu a instalação de 3300 MW de energia elétrica produzida a partir das fontes limpas, bem como um índice de nacionalização entre 60 e 90% dos equipamentos e serviços empregados na produção da energia (FERREIRA 2008; SALINO 2011).

Em 2004, Governo Federal definiu que a contratação de energia elétrica para cobertura do consumo no mercado regulado e formação de reserva deveria ser feita através de leilões

públicos, por meio da Lei nº 10.848/2004 (BRASIL, 2016). Como resultado, proporcionou entre 2006 a 2015, segundo a ABEEólica, o investimento acumulado foi de aproximadamente US\$28,13 bilhões, fator que aqueceu o mercado e contribuiu para o crescimento do setor eólico no Brasil (BRASIL, 2016).

Gráfico 2: Evolução da capacidade instalada no Brasil entre 2005-2019.



Fonte: ABEEÓLICA, 2020.

Conforme, o GRÁFICO 2, é notório que o setor eólico no Brasil começou a se desenvolver com mais evidência nos últimos 15 anos. Após toda a política de incentivo, no ano de 2021, segundo a ABEEólica (2021), a energia eólica chegou a marca de 10,3% da produção energética no Brasil. Sendo maior parte da produção na Região Nordeste, tendo o maior produtor o Rio Grande do Norte.

2.3 Aspectos conceituais

Aerogeradores ou turbinas eólicas, são as principais denominações para designar os sistemas de conversão entre a energia cinética, proveniente dos ventos em energia elétrica. O funcionamento dessa matriz energética é baseado na conversão da energia cinética associada ao deslocamento de massas de ar (vento) em energia mecânica de rotação, pela incidência do vento nas pás do rotor, seguindo-se a conversão da energia mecânica em energia elétrica pelo

gerador elétrico (CASTRO, 2008). Como no processo é utilizado uma fonte de energia sem fim denomina-se essa energia resultante de energia renovável.

Os aerogeradores são divididos em dois grupos as turbinas eólicas de eixo horizontal (TEEH) e as turbinas eólicas de eixo vertical (TEEV). O aerogerador de eixo vertical, caracteriza-se por apresentar o eixo verticalmente para cima e o aerogerador de eixo horizontal, são as turbinas mais comum, nas quais têm o eixo de rotação paralelo com o solo (DELLA FONTE; 2012).

De acordo com Leung e Yang (2012), um conjunto de turbinas eólicas instaladas em uma determinada área e ligadas a uma rede de transmissão, pode ser definido como parque eólico (também chamado de fazenda eólica). A tecnologia de instalação dessas máquinas para geração de eletricidade pode ser onshore (em terra) ou offshore (no mar).

2.3.1 Componentes de um aerogerador

Figura 1: Componentes de um aerogerador.



Fonte: VESTA, 2006.

Legenda:

1 - Controlador do Cubo; 2 - Controle pitch; 3 - Fixação das pás no cubo; 4 - Eixo principal; 5 - Aquecedor de óleo; 6 - Caixa multiplicadora; 7 - Sistema de freios; 8 - Plataforma de

serviços; 9 - Controladores e Inversores; 10 - Sensores de direção e velocidade do vento; 11 - Transformador de alta tensão; 12 – Pás; 13 - Rolamento das pás; 14 - Sistema de trava do rotor; 15 - Sistema hidráulico; 16 - Plataforma da nacelle; 17 - Motores de posicionamento da nacelle; 18 - Luva de acoplamento; 19 – Gerador; 20 - Aquecimento de ar.

2.3.1.1 Pás

As pás são baseadas nos estudos da aeronáutica, no cálculo de engenharia das asas do avião. Elas têm a função de captar o vento, convertendo sua potência ao centro do rotor. São construídas em processo praticamente artesanal a partir de materiais como o plástico (poliéster e resina epóxi), fibra de vidro (NEOENERGIA, 2022).

2.3.1.2 Rotor

O rotor tem a função de fixar as pás e transmitir o movimento de rotação para o eixo de movimento lento. O principal componente é o sistema hidráulico que permite o movimento das pás em distintas posições para otimizar a força do vento ou parar a turbina por completo (NEOENERGIA, 2022).

2.3.1.3 Torre

Elemento que sustenta o rotor e a nacelle na altura apropriada ao seu funcionamento. Embora a maioria das torres sejam de aço, como foram originalmente construídas, hoje já existem outros modelos com diferentes tipos de material como o concreto (NEOENERGIA, 2022).

2.3.1.4 Nacelle

Componente que também está presente nos aviões, é um compartimento instalado no alto da torre composto por caixa multiplicadora, gerador, chassis, sistema de yaw, sistema de controle eletrônico e sistema hidráulico. É o componente com maior peso do sistema. Dependendo do fabricante do aerogerador, pode ultrapassar as 72 toneladas de peso (NEOENERGIA, 2022).

2.3.1.5 Gearbox (caixa multiplicadora)

Tem a função de transformar as rotações que as pás transmitem ao eixo de baixa velocidade (19 a 30 rpm), de modo que entregue ao eixo de alta velocidade as rotações que o gerador precisa para funcionar (~1.500 rpm) (NEOENERGIA, 2022).

2.3.1.6 Gerador e Anemómetro

O gerador converte a energia mecânica do eixo em energia elétrica. O anemómetro mede a intensidade, a velocidade e a direção do vento. Esses dados são lidos pelo sistema de controle, que garante o posicionamento mais adequado para a turbina (NEOENERGIA, 2022).

2.4 Funcionamento dos aerogeradores

No funcionamento de um aerogerador as pás giram com a força proveniente dos ventos, fazendo girar o rotor que por sua vez transmite a rotação multiplicada pela caixa multiplicadora ao gerador, o gerador converte normalmente em conjunto com um conversor de potência, a energia mecânica recebida em energia elétrica. A energia elétrica produzida pelo aerogerador é injetada à rede de média tensão do parque eólico. Por essa rede, a energia chega à uma subestação Coletora. Por meio de um transformador de potência, os níveis de tensão são elevados à patamares que possibilitam escoar a energia produzida através de extensas linhas de transmissão, direcionadas até as cidades.

Os aerogeradores são equipados ainda com freio, que permite interromper a rotação das pás quando não é necessário gerar energia elétrica, e a unidade de controle, para monitorar as características do vento e fazer com que as pás sejam posicionadas de uma forma que possam aproveitá-lo com mais eficiência.

Nos últimos anos, devido ao bom rendimento da energia eólica o funcionamento e os equipamentos estão sendo cada vez mais aprimorados, que apresentam melhor aproveitamento da energia cinética proveniente dos ventos. Para tal, uma turbina eólica capta uma parte da energia cinética do vento que passa através da área varrida pelo rotor e a transforma em energia mecânica de rotação. O eixo do rotor acionando o gerador elétrico transforma uma parte desta energia mecânica de rotação em energia elétrica (RUNCOS, 2016).

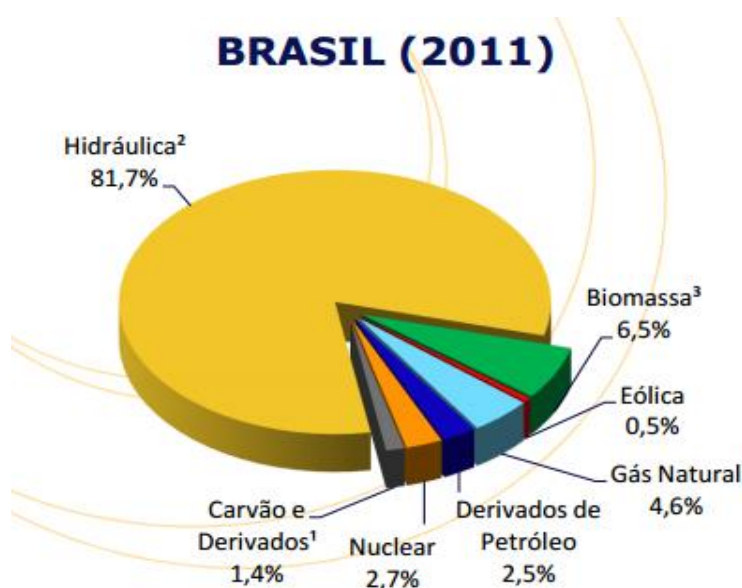
O aprimoramento dessa matriz energética, proporcionou o crescimento em todo mundo, com isso, os geradores eólicos se encontram em franco desenvolvimento tecnológico, tendo como objetivo o aumento progressivo nas dimensões e capacidades de geração das turbinas. As turbinas eólicas de potência até 2MW podem ser consideradas tecnologicamente

desenvolvidas. As de potência maior que 2MW, apesar de já disponíveis no mercado, ainda podem ser consideradas como em desenvolvimento, ainda conforme Runcos (2016).

3 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O Brasil sempre foi referência no uso de energias renováveis, de acordo com *Renewables Global Status Report* (2021), quando se considera a geração por fontes hídricas, o Brasil é o terceiro maior produtor de energia renovável do mundo. Porém, sempre teve como principal matriz energética as hidrelétricas, devido ao potencial hídrico, tendo como as principais usinas a Itaipu e Belo Monte, matriz energética na qual representava cerca de 80% em 2011, segundo a ANEEL.

Gráfico 3: Matriz energética no Brasil em 2011.



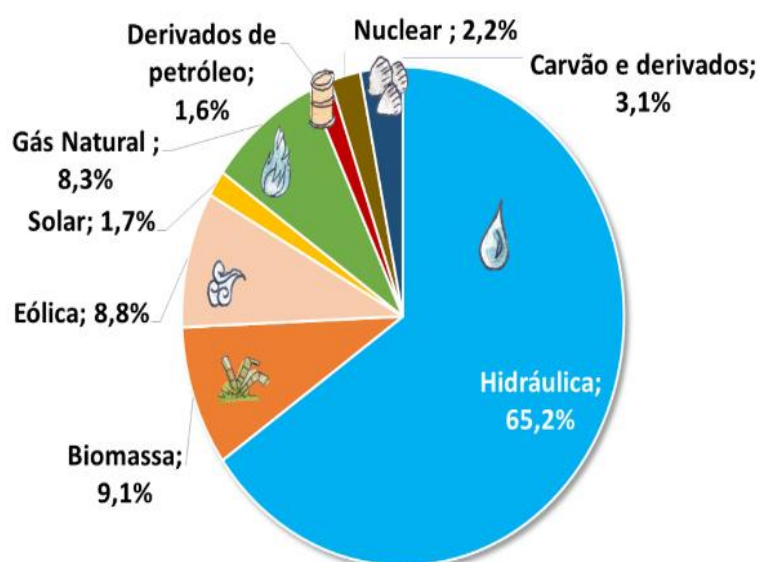
Fonte: Aneel, 2011.

De acordo com o Gráfico 3, é notório a dependência da fonte hidráulica na matriz energética brasileira, entretanto em meados de 2014 o Brasil passou por uma das maiores crises hídricas, acarretando na diminuição dos níveis dos reservatórios e dos rios, reduzindo assim consideravelmente o potencial elétrico produzido pelas hidrelétricas. Como resultado disso, o governo brasileiro percebeu a necessidade de diversificar os tipos de geração de energia. Para tanto, como uma das principais alternativas surgiu o investimento em energia eólica, pois o Brasil tem um imenso potencial dos ventos para geração de energia, segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro apontam que o potencial eólico brasileiro é de 143.000 MW.

Com isso, o avanço da energia eólica tem sido rápido e importante. Por exemplo, de acordo com Aneel, em 2021, no Brasil houve o maior crescimento no setor eólico. Estudos

apontam aumento de 55,2% na geração eólica em relação ao mesmo período de 2020. Ainda segundo a Aneel, em fevereiro de 2021, o Brasil contabiliza 695 parques eólicos e mais de 8,3 mil aerogeradores, que somam 18 GW de capacidade instalada.

Gráfico 4: Matriz energética no Brasil em 2020.



Fonte: EPE, 2021.

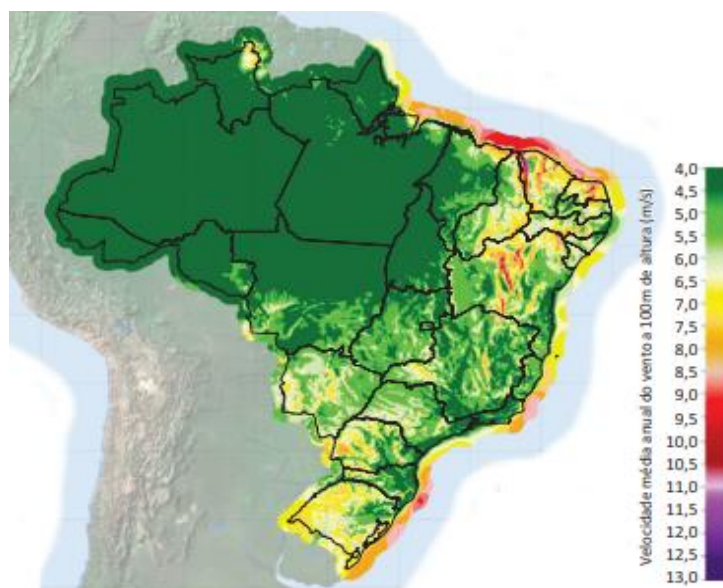
Através da comparação entre o Gráfico 4 e o Gráfico 3, é possível ver que em 10 anos, no Brasil houve uma diversificação das matrizes energéticas, principalmente nas hidrelétricas que houve redução de quase 20%, além disso tem a maior participação da energia eólica que saiu de 0,5% para 8,8%, aumento de 16 vezes em 10 anos.

3.1 Potencial eólico no Brasil

De acordo com estimativas realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, considerando as atuais tecnologias para produção de energia a partir do vento e, principalmente, a utilização de aerogeradores posicionados a 100 metros de altura, o potencial eólico brasileiro *onshore* (em terra) pode chegar a 500 GW (ABEEÓLICA, 2019). Além disso, o potencial eólico brasileiro *offshore* (no mar) também é gigantesco, estimando-se alcançar 700 GW, sendo a região oceânica costeira do Nordeste a área mais favorável. Para a Região Nordeste, as estimativas apontam potencial *onshore* de 309 GW (PEREIRA, 2016).

A Região Nordeste apresenta-se como a mais atrativa ao mercado, por apresenta os melhores ventos, dessa forma a maioria dos projetos eólicos está situada na região. Isto se deve ao fato de se localizarem na Região nordestina as “jazidas” de vento que apresentam as melhores condições de aproveitamento para fins de geração de energia elétrica.

Mapa 1: Potencial eólico brasileiro.



Fonte: Adaptado de Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, 2013.

3.1.1 Potencial eólico offshore

No que se respeita ao potencial eólico *offshore* o Brasil, ainda é pouco estudado, porém de acordo com Ortiz e Kampel (2011), com base nos dados do satélite entre 1999 e 2009, a média da magnitude do vento offshore no Brasil apresenta variação entre 7 m/s e 12 m/s, com valores mínimos próximos à costa de São Paulo e valores máximos próximos à costa de Sergipe e Alagoas. Ainda segundo Ortiz e Kampel (2011), três regiões de alta magnitude de vento, com potencial de exploração da geração eólica offshore, se destacam: margem de Sergipe e Alagoas, Rio Grande do Norte e Ceará, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Para tal foram estimados dois potenciais, um de acordo com a distância da costa, em que autores apontam um potencial entre 57 GW e 1.780 GW; o segundo, de acordo com a profundidade das águas, em que o potencial atinge pouco mais de 700 GW (EPE, 2015). Por fim, o estudo do *offshore* no Brasil e no mundo ainda está em fase de desenvolvimento, porém

empresas e o governo discutem a instalação de parques eólicos *offshore*, e o setor está se preparando para novos desenvolvimentos, que de fato tem um enorme potencial, especialmente na costa nordeste do país.

Segundo dados Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao governo federal, mostram que o potencial eólico brasileiro no mar gira em torno de 700 GW e o do Rio Grande do Norte é estimado em cerca de 140 GW, 20% de todo potencial do Brasil, fato esse que chamou atenção do governo e investidores, resultando nas primeiras elaborações de alguns projetos. Já são previstos alguns, complexos eólicos que esperam licenciamento no Rio Grande do Norte preveem a instalação de um total de 875 aerogeradores no mar. O desenvolvimento da energia eólica através do *offshore* ainda é empecilho na questão ambiental e do trânsito de navios e barcos (ABEEÓLICA, 2022).

Entretanto, o licenciamento no Ibama mostra que existem vários projetos em processo de aprovação, que somam cerca de 80,40 GW em todo país distribuído em seis estados. O Rio Grande do Norte aparece como uma das zonas mais promissoras para os investimentos, com 15,97% da potência total cadastrada no órgão (ABEEÓLICA, 2022).

E no início do ano foi dado um passo considerado fundamental para dar mais segurança aos investidores com projetos registrados, com a edição do decreto 10.946, de 25 de janeiro. A norma estabelece diretrizes para a atividade, dando início à construção do ambiente legal para que possa se desenvolver no Brasil (ABEEÓLICA, 2022).

Figura 2: Turbinas do Parque Eólico Offshore Alpha Ventus, na Alemanha.

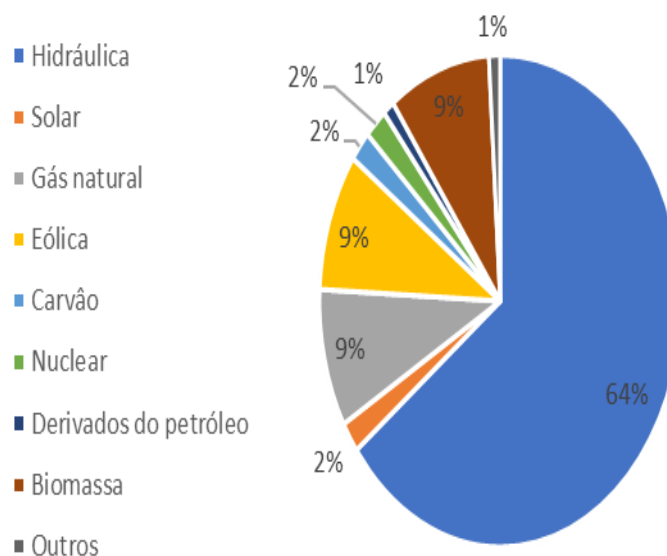


Fonte: USP, 2020.

3.2 Cenário atual

Nas últimas décadas, a produção energética no Brasil, através dos parques eólicos cresceu de forma considerada, de acordo com BEN (Balanço Energético Nacional) de 2020, conforme o Gráfico 5 a geração por energia eólica chegava a 9% da produção nacional.

Gráfico 5: Geração de Energia Elétrica por Fonte no Brasil em 2020



Fonte: Autoria própria de acordo com dados da Aneel, 2022

Entretanto, em 2021 houve o maior crescimento anual do setor, pois a expansão da capacidade instalada de energia elétrica a partir de fonte eólica no Brasil chegou a 3 mil megawatts, considerando os dados de novembro. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, é o maior incremento da fonte desde 2014. Registrando assim, um total de mais de 20GW de capacidade instalada, ainda segundo a Aneel.

Por fim, com 20,1 GW de potência instalada, as usinas eólicas respondem por 11,11% da matriz energética brasileira. Com isso, o Brasil está em sexto lugar no ranking global do *Global Wind Energy Report 2022* com 21,5 GW de capacidade instalada eólica *onshore*. O relatório mostra que o país instalou o terceiro maior número de novas usinas eólicas em 2021, atrás apenas da China e dos EUA.

Com perspectivas futuras, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (2021), a expectativa é que até 2024 o Brasil tenha pelo menos 30 GW de capacidade eólica instalada, considerando apenas os leilões já realizados e os contratos assinados. Novos leilões adicionarão mais capacidade instalada nos próximos anos, outros 11,9 GW de empreendimentos eólicos estão em construção ou com obras a serem iniciadas (MEDEIROS 2021)

3.3 Região Nordeste

A Região Nordeste, pelo seu favorecimento dos ventos, mostrado no Mapa 1, O Nordeste é uma das regiões brasileiras que apresenta os melhores índices de ventos, sendo reconhecida como a que concentra o maior potencial eólico do país com 75GW, com torres eólicas de 50 metros de altura. Esse potencial corresponde a mais de 50% do total disponível em todo o país. Entretanto, se forem usadas torres com 100 metros de altura, esse potencial pode ser duplicado (CRESESB, 2001). O Nordeste corresponde por 80% dos parques eólicos brasileiros. Isso ocorre porque a região tem ventos mais constantes, tem velocidade estável e não muda de direção com muita frequência (ABEEÓLICA, 2021).

Na região, segundo o Atlas do potencial eólico brasileiro (2001), os ventos tem velocidades constantes e com velocidades médias ideais para a produção de energia, o que torna a região privilegiada e a sua faixa litorânea, onde a costa do estado do Ceará e do Rio Grande do Norte são as que apresentam condições naturais mais favoráveis para a geração da energia eólica.

De acordo, da Aneel (2021), Brasil possui 19,9 GW de capacidade instalada de geração eólica, distribuídos em 758 usinas. Desse montante, 17,7 GW – correspondentes a 89,3% do total – estão implantados no Nordeste. Já o Rio Grande do Norte 2021 com 6,05 GW (30,5%), a Bahia, com 5,26 GW (26,5%), o Ceará, com 2,41 GW (12,1%) e o Piauí, com 2,35 GW (11,9%), são os estados com maior participação na potência eólica instalada atualmente no Brasil.

4 RIO GRANDE DO NORTE

O Rio Grande do Norte está localizado no extremo nordeste do Brasil, o estado situa-se entre os paralelos $6^{\circ}58'57''\text{S}$ e $4^{\circ}49'53''\text{S}$ e os meridianos $38^{\circ}34'54''\text{W}$ e $34^{\circ}58'08''\text{W}$, ocupando uma área territorial de 53.307 km² o que representa 0,62% do território brasileiro (COSERN, 2003). Os seus limites são formados com o Oceano Atlântico ao leste e norte, e com os Estados da Paraíba ao sul e Ceará, a oeste.

Mapa 2: Localização geográfica do estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: GuiaNet, 2017.

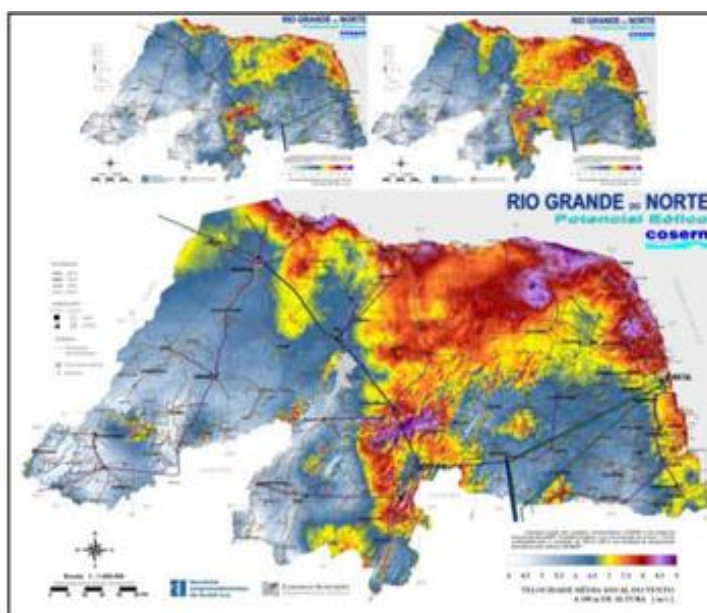
O litoral, com extensão da ordem de 400 km apresenta uma grande área de dunas e formações arenosas, orientadas seguindo a direção dos ventos alísios, intensos e constantes nesta região da costa brasileira. Com exceção da porção sudeste, onde o clima semiúmido propicia um maior desenvolvimento da vegetação verde, o restante do território do Rio Grande do Norte possui clima semiárido, com mais de sete meses de duração do período seco anual, resultando no domínio da vegetação xerófila seca e esparsa a Caatinga (COSERN, 2003).

4.1 Ventos Riograndenses

Devido a sua posição geográfica, o Rio Grande do Norte é favorecido em relação aos ventos. A distribuição geral dos ventos sobre o Brasil, que afeta o Estado do Rio Grande do Norte, é causada pelas grandes acelerações de escalas atmosféricas: a escala sinótica e a circulação geral planetária (RODRIGUES, 2018). Quando se trata da velocidade dos ventos, o estado apresenta registro de ventos com médias anuais de 60m/s e 9m/s, considerando torres eólicas de 50m, 75m e 100m, dessa forma apresenta um enorme potencial eólico, tanto no interior quanto na faixa litorânea do estado (COSERN. 2003).

Os ventos são distribuídos de forma constantes em todo Rio Grande do Norte, porém de acordo com o Atlas do Potencial Eólico do estado do Rio Grande do Norte foi publicado no ano 2003, regime de ventos no estado apresenta uma grande sazonalidade com a ocorrência de ventos mais intensos nos meses de agosto a novembro, e mais brandos nos meses de fevereiro a maio.

Figura 3: Mapa do potencial eólico no Rio Grande do Norte em altura de 50, 75 e 100 metros.



Fonte: Cosern, 2003.

Dessa forma, o RN tem velocidades médias anuais de ventos elevadas, conforme a Figura 3, portanto, é possível afirmar de que o estado tem os melhores ventos do território

brasileiro para a instalação de parques eólicos para a geração de energia elétrica (Dantas; Rodrigues; Silva et al., 2016).

4.2 Potencial eólico no Rio Grande do Norte

O potencial está ligado diretamente com os ventos, dessa forma o estado do Rio Grande do Norte apresenta o maior potencial para a instalação de energia eólica, assim como já tem o maior potencial instalado assim Jong et al. (2016) salientam que a geração de energia eólica no Rio Grande do Norte, tende a continuar a crescer significativamente nas próximas décadas.

O Estado, atualmente, tem uma potência fiscalizada (em operação) de 6,5 gigawatts (GW), o que corresponde a 30,44% do total no País, segundo levantamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que monitora dados das energias renováveis. A potência outorgada para o Estado atinge 11 GW, em 343 empreendimentos, dos quais 213 em operação. O RN é o Estado ao lado da Bahia com mais potência outorgada para os próximos anos, com previsão de 3,1 GW, em 86 empreendimentos.

De acordo com dados da Cosern, 1 GW consegue abastecer aproximadamente 3 milhões de pessoas. O consumo total do estado precisa de pouco mais de 1 GW, ou seja, o que sobra, tem potencial de gerar energia para outras 17 milhões de pessoas, o equivalente à população dos estados do Paraná, Espírito Santo e Tocantins juntos (FIERN, 2022).

4.3 Desenvolvimento do setor eólico no Rio Grande do Norte

Em 2006, o Rio Grande do norte foi construído o primeiro parque eólico do estado, no município do Rio do Fogo, que se encontra no litoral norte potiguar. O parque que foi denominado de Parque Eólico de Rio do Fogo, foi incentivado pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) e Eletrobrás, junto ao financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES) (CERNE, 2014).

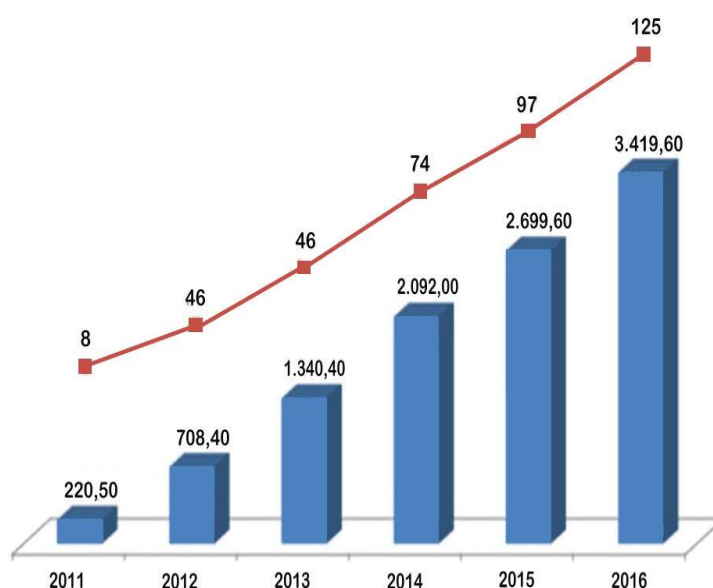
Entretanto, apenas em 2009, a produção de energia eólica no Rio Grande do Norte tornou-se expressiva segundo Azevedo et al. (2015), quando por meio de dois leilões distintos foi contratada a implantação de 32 parques eólicos no estado. Ao final do ano de 2010, o estado possuía apenas três parques eólicos em operação, totalizando uma potência instalada de aproximadamente 102,4MW. Após os leilões, e as construções de alguns parques eólicos,

como o Alegria I e o Alegria II, no município de Guamaré. Após o sucesso das construções desses parques eólicos e o potencial muito grande que tinha para ser explorado, o governo do atraindo diversos investimentos no setor eólico para o RN.

Em decorrência disso, em 2011 foi publicado Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Rio Grande do Norte (Pacti) que tinha como uma das ideias a criação de um Centro Internacional de Tecnologia em Energia Eólica, visando favorecer pesquisas no desenvolvimento do setor eólico (RIO GRANDE DO NORTE, 2011).

A criação do Pacti, gerou resultados rápidos, já que conforme o ranking mundial de 2013 da *Global Wind Energy Council* (GWEC) e da *European Wind Energy Association* (EWEA), em 2013 o Rio Grande do Norte ultrapassava todos os países da América Latina reunidos (tirando o Brasil) em potencial eólico instalado. Para efeito de comparação, com cerca de 1,5 GW instalados em 2014 (CERNE, 2014), o Estado Potiguar se equipara à capacidade eólica instalada em países como a Áustria e Bélgica e supera país como Noruega, Finlândia e Coreia do Sul (PRATES, 2014).

Gráfico 6: Evolução entre (2011 e 2016) do setor eólico no Rio Grande do Norte.



Fonte: Adaptado ABEEólica, 2016.

Como mostrado no Gráfico 6 o setor eólico no RN em 6 anos apresentou um grande crescimento do potencial instalado. Em 2016, após as construções de novos parques eólicos decorrentes dos leilões e o incentivo a pesquisa no setor eólico, o estado do Rio Grande do Norte atingiu aproximadamente 3,4 GW de capacidade instalada. No início do ano 2016, o

estado potiguar contava com um total de 97 parques eólicos em operação em seu território, com 2.699,6 MW de potência instalada. Contudo, só em 2016 25 novos parques eólicos entraram em operação, aumentando cerca 720 MW a capacidade instalada no estado, dessa forma a potência total atingiu cerca de 3,5 GW, aumento de cerca de 22,6 % em relação a 2015 (ABEEÓLICA, 2016).

Conforme a ABEEólica (2017), no ano de 2017 o Rio Grande do Norte chegou à marca de aproximadamente 3,6 GW de potência instalada com 133 parques instalados, com mais 36 parques em processo de construção. Ainda segundo a ABEEólica (2017), a região Nordeste gerou ao todo, no ano de 2017, aproximadamente 33,99 TWh de energia proveniente dos ventos, aproximadamente 85% da produção nacional. Para mostrar a importância do estado potiguar no setor, no ano de 2017 a produção de energia eólica pelos parques eólicos em operação comercial no Rio Grande do Norte representou 38,95% de toda a geração eólica do Nordeste e 32,72% da geração eólica brasileira no ano de 2017.

Tabela 1: Energia gerada nos estados que ocupam as cinco primeiras posições durante 2017.

Estados	Geração de energia (TWh)
Rio Grande do Norte	13,29
Bahia	7,79
Piauí	5,58
Ceará	5,1
Rio Grande do Sul	4,59

Fonte: Autoria própria, segundo dados da ABEEólica (2017).

No ano seguinte, em 2018, de acordo com a ABEEólica (2018), foram instalados mais 15 parques no Rio Grande do Norte, que resultaram em um acréscimo de aproximadamente 364 MW de potência instalada no estado. Dessa maneira, o estado Potiguar apresentou um aumento de quase 10% de potência instalada em relação ao ano anterior, chegando assim à marca de aproximadamente 4 GW de energia proveniente do setor eólico.

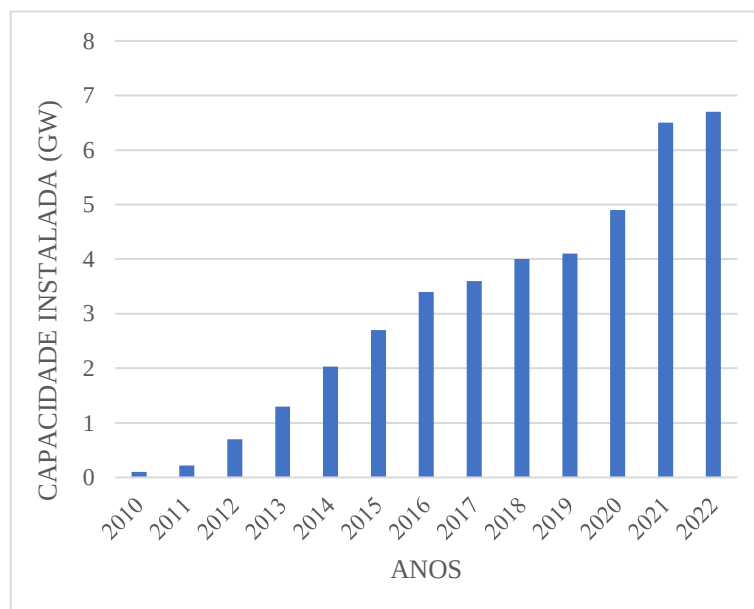
Em 2019, segundo a ABEEólica (2019), foi um ano diferente dos anteriores, no qual só mais 5 parques eólicos foram instalados no Rio Grande do Norte, que resultou em 145,85 MW em nova capacidade instalada da energia proveniente dos ventos. Dessa forma, alcançando o total de aproximadamente 4,1 GW de potência instalada no estado.

Em 2020, conforme a ABEEólica (2020), o Rio Grande do Norte, teve um aumento de 732,2 MW de potência instalada em relação ao ano anterior, com mais 18 parques eólicos instalados. Resultado que foi muito comemorado, pois foi o primeiro ano com a pandemia do

novo coronavírus, mas mesmo assim houve um aumento de quase 18% com o ano anterior, atingindo aproximadamente 4,9 GW de energia proveniente dos ventos. O Brasil neste mesmo ano, ainda segundo ABEEólica (2020), a fonte eólica atingiu uma participação de 10,13% da matriz elétrica brasileira, mostrando de fato a sua importância no cenário nacional. Considerando todas as fontes de geração de energia elétrica, em 2020, foram instalados 5,32 GW de potência e a eólica foi a fonte que mais cresceu, representando 43,17% da nova capacidade instalada no ano (ABEEÓLICA, 2020).

O ano de 2021, de acordo com a ABEEólica (2021), foi um ano especial para o setor eólico onde apresentou o maior crescimento da história no Brasil, e o estado do Rio Grande do Norte atingiu números recordes. O Estado Potiguar, somou um total de 42 novos parques eólicos, que resultaram 1609,99 MW de nova potência instalada, cerca de 42% de toda nova potência instalada no Brasil (ABEEÓLICA, 2021). Pode-se considerar que esse ano foi o melhor ano da produção eólica no Brasil, sendo a fonte que mais cresceu no ano, representando 50,91% da nova capacidade instalada no Brasil, dessa forma a fonte eólica atingiu uma participação de 11,8% da matriz elétrica brasileira (ABEEÓLICA, 2021).

Gráfico 7: Evolução da capacidade eólica instalada no Rio Grande do Norte.

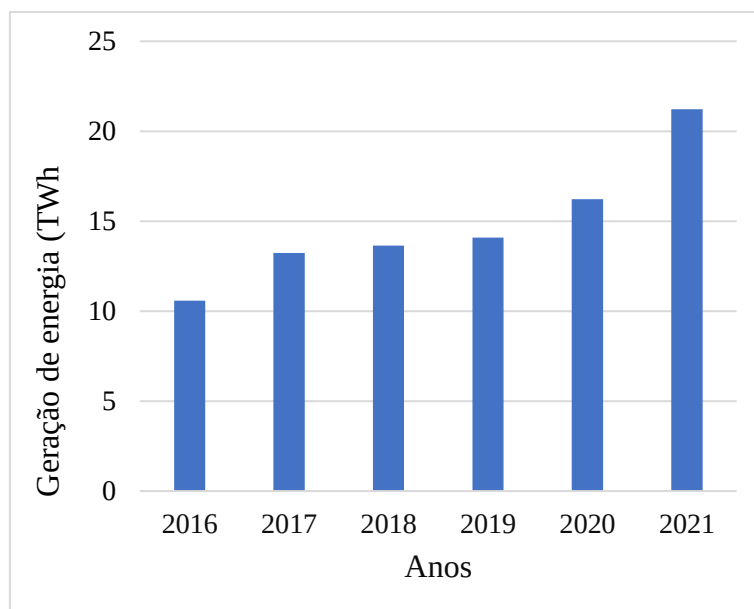


Fonte: Autoria própria, segundo dados da ABEEólica.

A capacidade instalada eólica no Estado Potiguar teve seu maior crescimento nos últimos 10 anos, conforme o Gráfico 7. Dessa forma, nesse período, a produção de energia eólica cresceu 1.702% no Rio Grande do Norte, segundo os dados da Agência Nacional de

Energia Elétrica (Aneel). O estado saiu de 375,15 MW de capacidade de produção em 2012 para 6.762 MW em 2022, com aproximadamente 220 parques em atividades, com 2996 aerogeradores (Annel, 2022).

Gráfico 8: Evolução da geração de energia eólica no Rio Grande do Norte.



Fonte: Autoria própria, segundo dados da ABEEólica.

O desenvolvimento da geração de energia eólica no RN no último ano aumentou de forma considerável conforme o Gráfico 8, chegando à marca de quase 22 TWh de no ano de 2021, resultado esse que é muito expressivo, pois representa mais de 3% de toda produção energética no Brasil, segundo estudo do EPE de 2022. No ano passado o RN ficou líder em geração de energia eólica entre todos os estados do Brasil, conforme a Tabela 2. No intervalo de 10 anos cresceu de forma muito considerada, e com previsões de mais aumentos na próxima década.

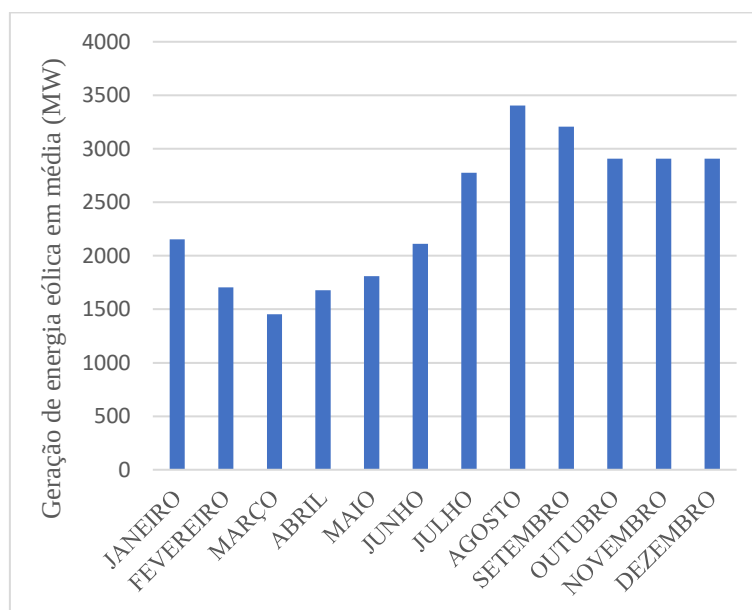
Tabela 2: Energia gerada nos estados que ocupam as cinco primeiras posições em 2021.

Estados	Geração de energia (TWh)
Rio Grande do Norte	21,23
Bahia	21,15
Piauí	9,1
Ceará	7,91
Rio Grande do Sul	5,63

Fonte: Autoria própria, segundo dados da ABEEólica, 2021.

No ano de 2021, que foi um ano recorde de geração, de construções de parque eólicos, onde teve o maior crescimento da capacidade instalada no estado, o Rio Grande do Norte atingiu a marca 3404,2 MW médio de no mês agosto, segundo o Gráfico 9.

Gráfico 9: Geração de energia eólica em média (MW) ao mês ao longo do ano de 2021 no Rio Grande do Norte.



Fonte: Autoria própria, segundo dados da ABEEólica (2021).

4.3.1 Perspectivas futuras do setor eólico no Rio Grande do Norte

Para os próximos anos a expectativa é ainda de mais investimentos e novas expansões no setor, alavancado principalmente pela instalação da tecnologia offshore (nos mares), ainda mais alavancado por haver a melhoras nos aerogeradores, com melhores rendimentos. A expectativa é de que em oito anos o Rio Grande do Norte dobre a sua capacidade de produção eólica instalada em terra (CERNE, 2021).

Outro fator que deve impulsionar o setor, segundo a Cerne (2021), alguns dos parques eólicos do RN foram instalados já há quase 20 anos e devem começar a fazer reinvestimentos. Basicamente, é a troca das máquinas de menor porte pelas mais potentes, gerando o dobro de energia por máquina, porque, hoje já existem tecnologias melhores que garante mais eficiência, consequente mais energia gerada.

O Complexo Oeste Seridó está prestes a ganhar mais um parque eólico, trata-se do parque o eólico de Parelhas, cidade que fica aproximadamente 250 km de Natal. De acordo

com a empresa, o empreendimento representa um investimento de R\$ 1,5 bilhão na região e capacidade instalada de geração de 247,5 MW.

Além disso, cidades como Angicos, Caiçara do Rio do Vento, Currais Novos, Fernando Pedroza, Jandaíra, Lagoa Nova, Lajes, Pedra Preta, Pedro Avelino, Santana do Matos e São Miguel do Gostoso já têm obras em andamento. Outros municípios como Bodó, Campo Redondo, Equador, Jardim de Angicos, João Câmara e São Tomé aguardam os primeiros passos para o início das construções de parques eólicos. Somados aos parques de energia solar, a capacidade máxima das obras, já concluídas, deve ser de 8,7 GW

4.4 Impactos socioeconômico no estado do Rio Grande do Norte através do setor eólico

A produção de energia eólica no Rio Grande do Norte além da contribuição energética de maneira nacional, também alavancou de maneira muito considerável a economia do estado. Com a construção dos parques eólicos em maioria nas cidades interioranas, especialmente em áreas que carecem de desenvolvimento econômico, pode trazer diversos benefícios para a comunidade. Características socioeconômicas de muitas regiões, como alto desemprego, falta de alternativas de desenvolvimento econômico e altas taxas de migração da população economicamente ativa, fazem que seja vantajoso o investimento nessas tecnologias (NGUYEN, 2007).

As usinas de geração de energias renováveis são frequentemente menores e mais dispersas que usinas tradicionais, e por esse motivo encontram-se muitas vezes situadas em áreas rurais de baixa densidade demográfica. Devido a essa característica, a construção dessas usinas demanda maior quantidade de mão de obra, e gera potencial para a capacitação e emprego de populações rurais em diversas localidades (NGUYEN, 2007). Conforme Bergmann et al. (2006), na Escócia mostrou que a população rural tem maior percepção dos benefícios sociais das energias renováveis que a população urbana, especialmente no tocante à geração de empregos.

Além da geração de empregos na construção, a maioria desses de caráter temporário, há oportunidades de empregos na operação e manutenção (O&M) das usinas, em menor número, mas de longa duração. A implementação de projetos de energia renovável pode contribuir para o desenvolvimento rural, como oportunidade de geração de empregos e como alternativa para o setor agropecuário (BURGUILLO, 2008). Segundo o coordenador de Desenvolvimento Energético da SEDEC, cada parque gera cerca de 200 empregos diretos

durante a construção, além dos indiretos. Porém, quando eles entram em operação, as equipes das empresas se reduzem a um número entre 10 e 15 profissionais, que trabalham basicamente na manutenção.

Outrossim, é a capacitação da mão de obra mais especializada para aumentar a geração de empregos locais, para isso são necessárias duas abordagens. A primeira é a busca por inovação, que ao trazer o desenvolvimento tecnológico para o nível regional cria empregos estáveis e de alta qualificação. A segunda abordagem é o investimento em capacitação para aumentar o número de trabalhadores locais em instalação e descomissionamento, com o fim de diminuir a quantidade de trabalhadores trazidos de outros locais (LLERA SASTRESA et al., 2010).

Para tanto, algumas instituições criaram processo capacitação de mão de obra dentre eles, o Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CT-Gás ER), ligado ao Senai, e o Instituto Federação do Rio Grande do Norte (IFRN) criaram cursos de formação técnica e superior na área. Dessa maneira, em 2012 o estado tinha cerca 24193 empregos no setor, o número saltou para cerca 137154 empregos ao longo dos últimos 10 anos (CERNE, 2022).

O setor eólico também traz uma geração de emprego e renda de maneira indireta, já que segundo o IBGE, as cidades do Rio Grande do Norte que recebem parques eólicos têm os setores de restaurantes, hoteleiro muito aquecido com a vinda desses profissionais. Parazinho, por exemplo, apresentou um enorme crescimento do seu PIB entre 2009 e 2012, saindo de 20 milhões de reais para 322 milhões entre os anos citados (IBGE, 2015). Outro exemplo trata-se do município de João Câmara, no qual houve um aumento de 90% no PIB do município no intervalo entre 2008 a 2012 (IBGE 2008 e 2012), período esse que houve as construções dos primeiros e um dos maiores parques eólicos do estado nessa cidade.

Tabela 3: PIB per capita de municípios no Rio Grande do Norte que tiveram a construção de parques eólicos.

MUNICÍPIOS	2000	2017
Areia Branca	9483,33	20498,89
Galinhas	6754,85	25167,79
Guamaré	12214,13	106121,53
Macau.	6363,91	18618,59
Serra do Mel	19392	25892,88

Fonte: IBGE (2000 e 2017).

De acordo com a Tabela 3, é presente o crescimento do PIB de algumas cidades que foram contempladas com aerogeradores, portanto a instalação de parques eólicos contribui para o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) e do Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDHM), conforme estudo da GO Associados. Foi realizado um comparativo entre grupo de municípios que receberam parques eólicos com outros que não receberam. Por meio dessa comparação, identificamos que nos municípios que receberam a instalação de parques eólicos, o PIB real aumentou 21,15% (período de 1999 a 2017) e o IDHM cresceu cerca de 20% (período de 2000 a 2010) (ABEEólica, 2021).

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica a cada R\$ 1,00 investido no setor eólico no Brasil representa um retorno de aproximadamente R\$ 3 para a economia. O estudo estima que 196 mil empregos foram gerados na atividade entre 2011 e 2020, ou 10,7 empregos por Megawatt (MW) instalado na fase de construção dos parques e, em média, 0,6 empregos por MW instalado para Operação & Manutenção.

Portanto, esse é o resultado da expansão do número de emprego nos municípios nas diferentes atividades econômicas, tanto diretamente quanto indiretamente, como construção civil, comércio e serviços. A atividade gerou emprego e renda para o município e ajudando no desenvolvimento da região, e do estado do Rio Grande do Norte como um todo. A expectativa é ainda de maior crescimento, segundo o presidente da ABEEólica, projeta investimentos de quase 35 milhões de reais.

4.5 Contribuição do setor eólico para o meio ambiente

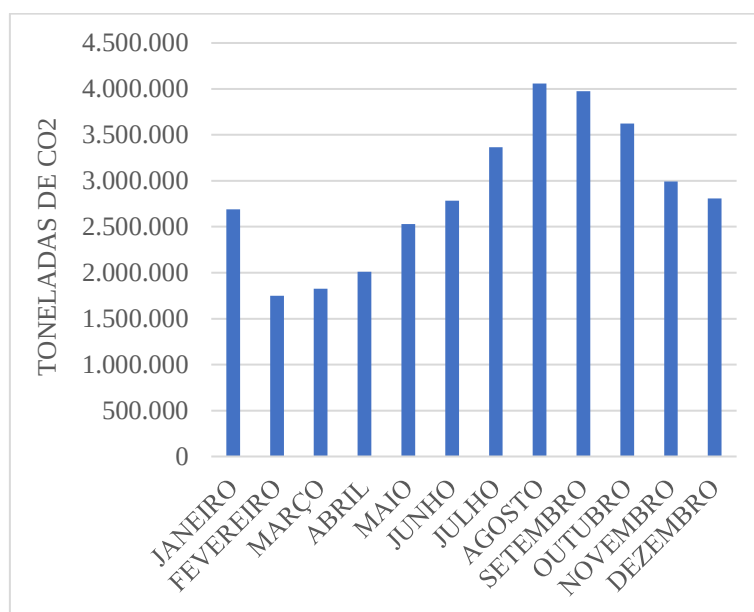
A geração de energia elétrica por meio de turbinas eólicas constitui uma alternativa para diversos níveis de demanda, sendo considerada a energia mais limpa do planeta, disponível em diversos lugares e em diferentes intensidades, uma boa alternativa às energias não-renováveis (Santos; Ramos et al., 2006).

A energia eólica tornou-se uma alternativa para o governo e investidores para diversificação da matriz energética e principalmente a diminuição da emissão de CO₂. Segundo (Alves, 2010; Rodrigues et al., 2015), as usinas eólicas não utilizam combustíveis fósseis e não emitem poluentes, a exemplo de material particulado ou óxidos de enxofre e gases que colaboram para o efeito estufa. Alguns ambientalistas levam em consideração a emissão dos GEE's na produção, transporte e na instalação, entretanto essa produção de CO₂

é considerada desprezível em comparação com outras fontes de energia não renováveis (MORELLI, 2012).

A implementação de um parque eólico causa um efeito bem reduzido comparado a implementação de outras matrizes energéticas, assim como na sua operação não emite CO₂, portanto a instalação eólica substitui outras fontes emissoras (ABEEÓLICA, 2021). O Gráfico 9, apresenta a quantidade de emissões evitadas pela fonte eólica a cada mês.

Gráfico 10: Emissões de CO₂ evitadas no Brasil em toneladas por mês.



Fonte: Adaptado ABEEólica; ANEEL; EPE, 2021.

O total de emissões evitadas em 2021 foi de 34,4 milhões de toneladas de CO₂, o equivalente à emissão anual de cerca de 34 milhões de automóveis de passeio. Para base de comparação, vale informar que a cidade de São Paulo tem uma frota de cerca de 19 milhões de automóveis de passeio (ABEEÓLICA, 2021).

4.5.1 Desenvolvimento sustentável

A sustentabilidade ambiental do crescimento e da melhoria da qualidade de vida é um novo requisito que veio para exigir ajustes nas concepções ultrapassadas de desenvolvimento (VEIGA, 2008). Dessa forma, o desenvolvimento sustentável, visa atrelar estreitamente a temática do crescimento socioeconômico com o meio ambiente.

Segundo o Relatório Brundtland, escrito em 1987, mais conhecido como “Nosso Futuro Comum”, desenvolvimento sustentável pode ser definido como o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem as suas. O desenvolvimento sustentável tem por base um tripé que deve ser levado em consideração para o atendimento dos objetivos e metas sustentáveis, sendo eles: o ambiental; social; e econômico (SACHS, 2004).

De acordo com Reis (2005), uma das principais ações para a implantação de um desenvolvimento sustentável é o uso de energia limpa e renovável, como a energia eólica. No Brasil, destaca-se para o desenvolvimento sustentável os terrenos onde são instaladas as turbinas eólicas, já que podem continuar sendo usados seja para criação de animal ou o cultivo de frutas, verduras, por exemplo (PAULA, 2019). Esse aspecto garante aos proprietários das terras uma renda paralela além do aluguel das propriedades para colocação das torres, gerando assim também empregos no campo.

Os empregos ofertados pelo parque eólico durante seu processo de instalação, manutenção e de operação ajudando o desenvolvimento local. A renda obtida através do aluguel das terras também permite ao proprietário um maior investimento em suas terras para as atividades que exerce seja pecuária ou agricultura, acarretando a criação de mão de obra (PAULA, 2019).

O crescimento da utilização da energia eólica também pode trazer benéficos econômicos e sociais para determinadas localidades, trazendo desenvolvimento para regiões de baixo desenvolvimento econômico como em cidades do interior do Nordeste, onde o índice de pobreza é maior que no restante do país. Justamente no Nordeste é onde se tem o maior potencial para a exploração da energia eólica e onde estão previstos projetos a serem construídos nos próximos anos (PAULA, 2019).

Dessa maneira, o crescimento do setor no Rio Grande do Norte permite um desenvolvimento sustentável, já que se trata de uma energia limpa e renovável (não compromete os recursos das gerações futuras), ainda mais causa uma geração de empregos e renda para a população local. Conforme a ABEEólica (2021), o desenvolvimento da energia eólica permite um importante impacto positivo nas comunidades onde chega devido à realização de projetos sociais, culturais, de saúde e ambientais para desenvolvimento da população local.

4.6 Desafios enfrentados pelo Rio Grande do Norte para o desenvolvimento do setor eólico

No Brasil o primeiro problema a ser enfrentado foi a falta da indústria que faziam a criação das peças dos aerogeradores e por muitas vezes as partes teriam que passar pelo processo de importação, porque as mesmas não eram produzidas no Brasil. Porém, com o crescimento do setor eólico algumas indústrias foram instaladas no país, através de incentivo fiscal do governo. Entretanto, hoje as indústrias recém instaladas (grande parte são do exterior) não têm suas unidades completamente instaladas e, portanto, não operam no nível desejado (WWF-BRASIL, 2015; MELO, 2013).

O setor da energia eólico segundo WWF-Brasil (2015), há também o problema da falta de escalonamento mais eficiente das datas de início de operação de usinas eólicas leiloadas em um determinado ano com aquelas que, necessariamente, precisam entrar em operação em janeiro do ano seguinte. Assim, muitas vezes, ocorre um desequilíbrio na cadeia de suprimentos, chegando grande quantidade de pedidos ao mesmo tempo ou havendo períodos de ociosidade nas unidades dos fabricantes de equipamentos eólicos.

Outro desafio é falta de infraestrutura, que é mais perceptível. Conforme Gannoum (2014), dizem respeito a logística de distribuição dos equipamentos e insumos, bem como a expansão e aperfeiçoamento do sistema de transmissão da energia gerada nas usinas eólicas instaladas no país. No que se trata sobre a logística de distribuição, são as dificuldades que elevam seus custos ao dependerem excessivamente de uma malha rodoviária (alternativas como a navegação de cabotagem não são utilizadas ou tem pouco investimento) que não foi projetada para o transporte dos gigantescos eólicos e cujas condições foram avaliadas, em 2021, como cerca de 61% apresentando algum tipo de problema na pavimentação, sinalização ou geometria das vias (CNT, 2016; WWF-BRASIL, 2015; MORELLI, 2012).

No Rio Grande do Norte o desafio é ainda maior, por dispor praticamente e exclusivamente da malha rodoviária, que apresentam graves problemas. O estado tem 73,1% das estradas com algum tipo de problema, o que aponta a Pesquisa da CNT (2021). A geometria das vias no RN é o ponto que apresenta maiores índices de problemas, segundo o estudo. Segundo o estudo, 73,1% da extensão da malha rodoviária analisada apresenta algum tipo de problema e 26,9% estão ótimas ou boas condições. As pistas simples predominam em 92,4%. Falta acostamento em 55,9% dos trechos avaliados e 52,6% dos trechos com curvas perigosas não têm sinalização (CNT, 2021). Ainda conforme a Pesquisa

da CNT (2021), para recuperar as rodovias do Rio Grande do Norte, com ações emergenciais, de manutenção e de reconstrução, seriam necessários R\$ 578,4 milhões, segundo o estudo da CNT. Além disso a pesquisa constatou, 26 pontos críticos na malha do Estado, isto é, trechos com buracos maior que um pneu.

Figura 4: Buraco interdita rodovia RN-118 no interior do RN.



Fonte: CNT, 2021.

O problema é agravado já que os são transportes de longo comprimento, que necessitam de uma boa estrada e que as empresas responsáveis pelo transporte executem requisitos das normas. Por exemplo, uma vez que o transporte de pás e turbinas demandam a utilização de caminhões de grande comprimento, que, para trafegar, necessitam de escoltas e autorização de órgãos estaduais/federais (WWF-BRASIL, 2015; MORELLI, 2012).

Outro desafio que é imposto pela falta de infraestrutura, é o fraco sistema de transmissão da energia gerada através da energia eólica. A dificuldade de investidores e financiamento de linhas de transmissão suficientes para atender a demanda das geradoras é uma dificuldade que pode ser vista como significativamente grave, já que o número de parques eólicos em operação (assim como a capacidade de geração) tem crescido, mas acabam ficando ilhados ao não poderem despachar a energia gerada (AGÊNCIA AMBIENTE ENERGIA, 2016; WWF-BRASIL, 2015; GANNOUM, 2014).

O processo de produção das peças dos aerogeradores, começa através do aprimoramento da matéria prima, através disso cria -se gargalos de produção. Os gargalos nos

segmentos da cadeia de suprimentos, como em chapas especiais de aço, fibras de vidro e resina epóxi para pás e materiais forjados de aço para rolamentos e outros componentes da nacelle, que abriga o equipamento de geração. Pressões de preço ao longo do período de construção ou indisponibilidade de alguns materiais vêm dificultando o plano de trabalho e de entrega de alguns fabricantes, que têm seus preços fixados junto aos empreendedores (WWF-BRASIL, 2015).

5 METODOLOGIA

Conforme Andrade (2003), a metodologia é o conjunto de métodos ou caminhos que são percorridos na busca do conhecimento. A solução de problemas organizacionais de forma científica necessita que sejam analisadas de forma mais completa por meio do uso de métodos e técnicas.

A pesquisa segundo Vergara (2003) fundamenta-se em tipos de pesquisa conforme os critérios quanto aos fins e quanto aos meios. Segundo o mesmo, a pesquisa classifica-se, quanto aos fins, como exploratória, descritiva e aplicada. Quanto a pesquisa exploratória, trata-se de um estudo em uma área que tem pouco conhecimento acumulado e sistematizado (VERGARA, 2003). A pesquisa descritiva, de acordo com Vergara (2003), expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Por fim, uma pesquisa aplicada é motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos ou não (VERGARA, 2003).

Portanto, o estudo é classificado como exploratório por trazer dados de projetos que ainda estão em fase de conclusão, ainda mais atualmente ainda não existem muitas pesquisas sobre o impacto na sociedade, no meio ambiente, assim como a concentração de dados do panorama do setor eólico no Rio Grande do Norte na última década. Também é caracterizado como descritivo, pois foi determinado as características da população e do impacto do setor eólico em diferentes segmentos. Ainda mais, é rotulado como aplicada por apresenta os desafios enfrentados durante o desenvolvimento da energia eólica, com o objetivo de apresentar soluções para a consolidação como uma das principais matrizes energéticas.

Para tanto, descobrir, investigar e alcançar os objetivos propostos e responder o problema, foi realizado uma revisão bibliográfica em artigos, dados do governo, boletins sobre a produção energética e revistas científicas. Os dados em relatórios que apresentam o balanço da produção da energia eólica, houve a elaboração de tabelas e gráficos, assim como projeções de crescimento do setor. Além disso, buscar formas para potencializar ainda mais a produção energética no Rio Grande do Norte, dessa forma beneficiar ainda mais a população e aumentar o aproveitamento do setor eólico no estado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da pesquisa, foi comprovado que o RN apresenta grande potencial eólico, seja no modelo *offshore* (no mar), assim como *onshore* (na terra). Todavia, o setor eólico do Rio Grande do Norte ainda passa por desafios para um crescimento ainda mais acentuado, para tanto é necessário medidas eficientes para que possa consolidar ainda mais o desenvolvimento do setor da geração de energia, econômico, social, ambiental que sofrem consequência com a criação dos parques eólicos.

Apesar das barreiras seja de infraestrutura, logística, mão de obra, nos últimos 10 anos houve o maior crescimento do setor eólico no Rio Grande do Norte, chegando à marca de 6,7 GW de capacidade instalada. Dessa forma trazendo contribuição para a matriz energética brasileira como um todo, desenvolvimento econômico e social para o Estado Potiguar, ainda mais apresentando vertentes de um crescimento sustentável, umas das questões mais debatidas do século XXI.

No ano de 2012, o primeiro ano estudado o Estado Potiguar tinha 708,40 KW de potencial instalado, que posteriormente em 2013 teve quase seu valor duplicado devido a abertura de novos leilões e incentivo do governo, o ano fechou com mais de 1300 KW de capacidade de geração de energia eólica. O balanço de 2014, mostrava cada vez mais a consolidação do Rio Grande do Norte como produtor de energia com mais de 2000 KW (ABEEÓLICA, 2014) de potência instalada ultrapassando a capacidade de produção energia eólica de vários países como Noruega, Finlândia e Coréia do Sul (Prates, 2014). Já em 2015 atingia a marca de 2699,90 KW de potencial eólico instalado no Estado Potiguar (ABEEÓLICA, 2012; 2013; 2014; 2015).

Tabela 4: Potencial instalado no Rio Grande do Norte no período de 2012-2015.

Ano	Potencial Instalado (KW)
2012	708,40
2013	1340,40
2014	2092,00
2015	2699,90

Fonte: ABEEólica, 2012; 2013; 2014; 2015.

Em 2016, o Rio Grande do Norte com 122 parques eólicos chegou a marca de quase 3500 KW de potência instalada, acarretando em 10,59 TWh em geração de energia durante todo ano. A partir disso, o estado é mais que autossuficiente na produção de energia já que 1000 KW abastece cerca de 3 milhões de pessoas, e o estado apresenta uma população de 3,5 milhões de habitantes (ABEEÓLICA, 2016).

No ano de 2017, foi uma temporada para novos leilões que possibilitou a criação de novos projetos, dessa forma o crescimento desacelerou comparado aos anos anteriores, assim o Estado chegou à marca de aproximadamente 3,6 GW de potência instalada com 133 parques instalados, com mais 36 parques em processo de construção. Mesmo assim, no mesmo período, o Rio Grande do Norte, liderou a geração de energia no Brasil com 13,24 TWh, correspondendo a 32,72% da geração eólica brasileira no ano de 2017 (ABEEÓLICA, 2017).

Posteriormente, em 2018, ainda com usinas em construções foram instalados mais 15 parques no Rio Grande do Norte, que resultaram em um acréscimo de aproximadamente 364 MW de potência instalada no estado. Dessa maneira, o estado Potiguar apresentou um aumento de quase 10% de potência instalada em relação ao ano anterior, chegando assim à marca de aproximadamente 4 GW do setor eólico, porém ainda não evoluiu muito na geração de energia com 13,64 TWh. O ano de 2019, devido aos planejamentos deficitários foi um período bem abaixo da média com acréscimo de 150 KW no potencial instalado (ABEEÓLICA, 2018; 2019).

No primeiro ano de pandemia, em 2020 houve crescimento maior que os anos anteriores, esse fato foi comemorado, já que em meio as dificuldades pandêmicas o Estado Potiguar teve um aumento de um aumento de quase 18% com o ano anterior, atingindo aproximadamente 4,9 GW de energia proveniente dos ventos. Esses números, forma impulsionados pela nova ordem brasileira, já que a energia eólica foi a matriz energética que mais desenvolveu no país durante 2020. A geração de energia no RN ficou em segundo lugar na produção nacional com 15,59 TWh (ABEEÓLICA, 2020).

No segundo ano de pandemia do novo corona vírus, foram números recordes, o Rio Grande do Norte, somou um total de 42 novos parques eólicos, que resultaram 1609,99 MW de nova potência instalada, cerca de 42% de toda nova potência instalada no Brasil, dessa forma o estado gerou 21,23 TWh durante o ano de 2021 (ABEEÓLICA, 2021).

O Nordeste Brasileiro é a região mais favorecida, por apresenta os melhores ventos, conforme o Mapa 1, acarretando no maior potencial eólico brasileiro com 75GW, com torres eólicas de 50 metros de altura, potencial esse que pode ser duplicado nas torres de 100m,

correspondendo a mais de 50% da capacidade eólica do Brasil (CRESESB, 2001), comportando 80% dos parques eólicos brasileiros (ABEEÓLICA, 2021).

A Região Nordeste, sempre foi caracterizada pelo baixo desenvolvimento, grande concentração de questões sociais, apresentando vários problemas de ordem socioeconômica. Os estados nordestinos ocupam as últimas colocações no ranking nacional de IDH (IBGE, 2017). O óbice maior são as constantes estiagens durante grande parte do ano que pode aumentar o problema. O Rio Grande do Norte não é diferente, apresenta problemas de estiagens durante longos períodos, gerando questões da ordem socioeconômica.

À vista disso, o Estado Potiguar se mostra como um estado de um potencial eólico muito grande, porém que apresenta empecilhos para o maior desenvolvimento, como a falta de infraestrutura, problemas sociais, pouca mão de obra qualificada, anos de seca, entre outros. Uma das formas para a melhoria da questão social é a oportunidade do trabalho, o acesso à energia e a qualificação da mão de obra da população.

O interior do Rio Grande do Norte, é a parte mais afetada pelas estiagens e pelos problemas sociais, entretanto é a parte do Estado que tem as maiores concentrações de parques eólicos. Fato esse que pode contribuir para diminuir os problemas sociais, já que segundo a ABEEólica (2021), houve a criação de vários empregos durante a criação dos parques eólicos, assim como a qualificação da mão de obra.

No RN, já existia o Centro de Tecnologias do Gás, entretanto o governo junto ao SENAI, unificou a parte de energia renováveis nesse programa, o Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CT-Gás ER), que oferta de maneira gratuita cursos técnicos ligado a parte das tecnologias na área das energias renováveis, como cursos de Eletrotécnica, Tecnologia em Geração Eólica, Especialização Técnica em Energia Eólica. Esse projeto tem como intuito, o aumento da mão de obra qualificada no setor das energias em geral.

O Governo do Rio Grande do Norte, percebeu o potencial do crescimento no setor eólico e solar, porém não tinha uma mão de obra para sustentar o desenvolvimento dos setores, pois as empresas que eram responsáveis pelos projetos traziam quase 100% dos trabalhadores de outros estados. Em vista disso, a criação do CT-Gás ER, juntamente com a criação de cursos no IFRN e o Estado conseguiu melhorar a qualificação da mão de obra e empregar mais a população, acarretando um melhor desenvolvimento econômico e social.

O desenvolvimento econômico nas regiões que recebem os parques eólicos é muito grande, com a geração de empregos diretos e indiretos durante a construção, e durante a operação e manutenção. Os empregos indiretos são os que mais ajudam no desenvolvimento,

pois pessoas desempregadas começam a criarem seus próprios negócios, como quentinhas e marmitas, além da parte horteleira, restaurantes, supermercados, mobiliária também cresce de forma considerável acarretando a criação de mais empregos.

Parazinho, por exemplo, apresentou um enorme crescimento do seu PIB entre 2009 e 2012 (época da criação dos parques eólicos), saindo de 20 milhões de reais para 322 milhões entre os anos citados (IBGE, 2015). Outro exemplo trata-se do município de João Câmara, no qual houve um aumento de 90% no PIB do município no intervalo entre 2008 à 2012 (IBGE 2008 e 2012), período esse que houve as construções dos primeiros e um dos maiores parques eólicos do estado nessa cidade.

Esse desenvolvimento econômico muito grande, gera impacto sobre a questão social das cidades do Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDHM), conforme estudo da GO Associados. Foi realizado um comparativo entre grupo de municípios que receberam parques eólicos com outros que não receberam. Por meio dessa comparação, identificamos que nos municípios que receberam a instalação de parques eólicos, o PIB real aumentou 21,15% (período de 1999 a 2017) e o IDHM cresceu cerca de 20% (período de 2000 a 2010) (ABEEÓLICA, 2021).

Logo, o setor eólico pode ser um meio de desenvolvimento socioeconômico, principalmente nas regiões que carecem de oportunidades, como o interior do estado do Rio Grande do Norte. A melhorias nessas regiões podem ocorrer de várias formas, como, na geração de renda, incentivo a especialização da mão de obra e melhor distribuição de energia para a população que mais carece de infraestrutura. Entretanto, esse desenvolvimento poderia ser feito de maneira mais estruturada e mais eficiente, pois o Estado Potiguar apresenta problemas de logística na produção e problemas de infraestrutura.

Durante alguns anos o crescimento do setor eólico no estado não correspondeu como esperado, devido a problemas na organização dos projetos e na logística da produção. Os projetos dos parques eólicos no Rio Grande do Norte, são feitos pelo governo através de leilões entre as empresas do setor, porém essa aprovação em alguns anos ocorria demasiadamente e em outros anos poucos projetos eram leiloados. Isso acarreta, em uma série de problemas, principalmente na produção das peças dos aerogeradores, onde a indústria desse setor recebe uma série de encomendas, nas quais tende a aumentar o preço dos equipamentos, assim como a matéria prima e elevar o tempo que seria gasto para a produção dos componentes dos aerogeradores, já que teria uma grande demanda para fabricação. Dessa forma, os pedidos chegam ao mesmo tempo aos elos anteriores da cadeia de suprimento,

prejudicando a capacidade de atendimento da demanda. Ou geram períodos de ociosidade em que não há pedidos suficientes nas fábricas de boa parte dos fornecedores de insumos ou equipamentos.

A produção, ainda enfrenta os problemas dos gargalos na preparação da cadeia de suprimento, a exemplo de chapas especiais de aço, fibras de vidro e resina epóxi para pás e materiais forjados de aço para rolamentos e outros componentes da nacelle, que abriga o equipamento de geração. Pressões de preço ao longo do período de construção ou indisponibilidade de alguns materiais têm dificultado o plano de trabalho e de entrega de alguns fabricantes, que têm seus preços fixados junto aos empreendedores.

Um dos problemas de infraestrutura, são as linhas de transmissão que agora são responsabilidade das empresas responsáveis pelos parques eólicos. Com isso, casos de atraso no licenciamento e na construção de linhas de transmissão têm ilhado alguns parques, que não conseguem despachar sua energia na rede.

Outro problema de infraestrutura é grande dependência da malha rodoviária, que são agravadas pelas condições precárias em diversos trechos, e principalmente no Rio Grande do Norte, que tem média de problemas nas rodovias acima da média brasileira. Esses fatores dificultam o transporte de peças e equipamentos por se tratarem de cargas especiais de grande proporção e com formas não convencionais, haja vista o tamanho das torres e pás dos aerogeradores.

Por fim, se tem o incentivo fiscal que é necessário para as empresas que constroem os equipamentos, também para as organizações que fazem os parques eólicos terem confiança e certeza para o investimento. É importante que haja um sinal inequívoco de que há intenção de incentivar esta indústria de forma sustentável e de longo prazo. Isso ajudaria a atrair mais participantes e aumentar seu envolvimento com a cadeia produtiva.

Como maneiras de melhorar o desenvolvimento do setor eólico no Rio Grande do Norte, é fundamental a criação de políticas públicas e privadas. Na parte da logística, é necessário o planejamento, a previsão e regularidade nas contratações, a serem realizadas a partir de leilões anuais permitindo a contratação contínua de energia eólica, com intuito que a indústria que produz as peças possa suprir a demanda da produção e não passe períodos sem os pedidos suficiente para sua funcionalidade. Com isso, podendo contribuir com a cadeia de suprimento, para que a demanda não seria maior que a oferta, dessa forma os preços são controlados, principalmente as chapas especiais.

A questão tributária na indústria da cadeia produtiva, é um empecilho que acarreta o aumento do preço dos aerogeradores, fazendo com o que os parques eólicos tenham um custo ainda mais elevado. Portanto, deveria ser levado em conta a consolidação da política de desoneração tributária em toda a cadeia produtiva.

Por parte da infraestrutura, as linhas de transmissão devem ser ampliadas e aperfeiçoadas com intuito de atender a produção eólica, que possa anteceder as construções dos parques, para que não ocorra o ilhamento de alguns parques que esperam o ligamento dos sistemas de transmissão. Para tanto, é necessário a autorização para o investimento das concessões em linhas e subestações de reforço, que possa escoar a produção de energia até as residências.

O modal de transporte predominante no Brasil é o rodoviário que apresenta, muitos problemas, assim como no Rio Grande do Norte que apresenta estradas deficitárias em sua maioria. Como forma de melhoria na infraestrutura logística, é necessário o incremento das vias vicinais (no interior do estado que enfrentam os maiores problemas) e nas principais rodovias federais de ligação entre Sudeste e Nordeste com ações de reforço específicas para o setor na malha existente (áreas de descanso apropriadas e alargamento de pista em alguns trechos). Além disso, buscar formas da viabilização o uso da navegação de cabotagem para estas cargas.

Criar incentivo, por meio da iniciativa pública e privada, para a qualificação da mão de obra da população, reforçando a possibilidade da contratação realizada por alguma empresa do setor. Dessa forma, além da contribuição energética é possível uma recompensa do aspecto social. Além disso, colocar nos contratos das empresas que são responsáveis pelo parque eólico, alguma contribuição de forma social na comunidade que recebe os parques eólicos, já que grande maioria se encontra na zona rural dos interiores do Rio Grande do Norte (região mais pobre, que sofre com estiagens).

Por fim, apesar do desenvolvimento notório, contribuições de ordem socioeconômica e ambiental, o setor eólico ainda pode ser ampliado e aperfeiçoado. Consequentemente, fique estabelecido como umas das principais formas de produção de energia, ainda mais por não liberar gases ao efeito estufa e seja de uma fonte inesgotável.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Rio Grande do Norte, é o estado de maior potencial eólico no Brasil, entretanto que necessita de medidas mais eficientes que consolide o crescimento, e que o estado se torne referência na produção de energia eólica. Ainda mais, o setor da produção de energia proveniente dos ventos pode ser usado como viés de desenvolvimento socioeconômico, principalmente no Estado Potiguar que encarece de oportunidades.

Dessa maneira, o Rio Grande do Norte nos últimos 10 anos alavancou o potencial instalado de energia eólica, assim com a geração de energia, podendo ser dessa forma uma das maneiras de garantia para a distribuição de energia para todo estado, que tem uma situação precária de linhas de transmissão, região essa que enfrenta problemas com secas prolongadas e precariedade socioeconômica. Entretanto, é necessário a criação de medidas públicas, tanto estadual e federal, que possibilitem o desenvolvimento da produção de energia eólica.

Portanto, a pesquisa, atingiu o resultado esperado, considerando que apresentou dados que sevem de parâmetros para compreender o desenvolvimento do setor eólico no Rio Grande do Norte nos últimos 10 anos, trazendo os números das gerações e dos potenciais instalados durante o período estudado, assim como os impactos nos setores econômico, social e ambiental. Além que, foi estudado as principais barreiras que dificultam o maior crescimento na geração de energia eólica e possíveis soluções para o melhor aproveitamento desse potencial que o Estado Potiguar possui.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2021**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wpcontent/uploads/2022/07/ABEEOLICA_BOLETIMANUAL2021_PORT.pdf. Acesso em: 5 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2020**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/PT_Boletim-Anual-deGeracao_2020.pdf. Acesso em: 1 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2019**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/PT_Boletim-Anual-de-Geracao-2019-1.pdf. Acesso em: 31 ago. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2018**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/Boletim-Anual_2018_Ingles.pdf. Acesso em: 29 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2017**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wpcontent/uploads/2022/03/424_Boletim_Anuual_de_Geracao_Eolica_2017_FINAL.pdf. Acesso em: 27 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2016**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wpcontent/uploads/2022/03/424_Boletim_Anuual_de_Geracao_Eolica_2016_Alta.pdf. Acesso em: 19 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2016**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Abeeolica_BOLETIM-2015_low.pdf. Acesso em: 12 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2014**. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/Boletim-Anual-de-Geracao-Eolica-2014.pdf>. Acesso em: 13 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2013**. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/BoletimdeGeracaoEolica-2013.pdf>. Acesso em: 13 set. 2022.

ABEEÓLICA. **BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2012**. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wpcontent/uploads/2022/03/Boletim_anual_de_geracao_eolica_2012.pdf. Acesso em: 2 set. 2022

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2008. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_capa_sumario.pdf. Acesso em: 3 de ago. de 2022.

ARAÚJO, Wanicleide Rosa de. **ENERGIA EÓLICA: PANORAMA DO SETOR NO MUNDO, NO BRASIL E NA REGIÃO NORDESTE NO PERÍODO DE 2008 A 2018**. Orientador: Prof.^a Márcia Paixão. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Economia) - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA-UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, João Pessoa, 2018. Acesso em: 28 de ago. de 2022.

BEZERRA, Francisco Diniz. **ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE**. Caderno Setorial ETENE. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1045/1/2021_CDS_200.pdf, ano 6, n. 200, p. 1-13, 1 dez. 2021. Acesso em: 28 de ago. de 2022.

CAMARGO, Fernando. **Desafios e Oportunidades para a energia eólica no Brasil: recomendações para políticas públicas**. WWF-Brasil. Disponível em: https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/15_6_2015_wwf_energ_eolica_final_web.pdf, ano 2015, n. 1, p. 8-31, 8 jun. 2015. Acesso em: 5 de out. de 2022.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2021**. CNT/SEST SENAT. Disponível em: https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Pesquisa_CNT_Rodovias_2021_Web.pdf. Acesso em: 16 set. 2022.

COSERN. **Potencial Eólico do Estado do Rio Grande do Norte**. COSERN. 2003. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_RN.pdf. Acesso em: 03 de ago. de 2022

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SERGIO BRITO. **Atlas Potencial Eólico do Brasil**. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico. Acesso em: 10 de ago. de 2022.

CUNHA, Eduardo Argou Aires; CAMARGO, Carlos Eduardo. **ASPECTOS HISTÓRICOS DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO MUNDO**. Revista Brasileira de Energias Renováveis. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/65759/38008>, p. 690-697, 30 nov. 2017.

DANTAS, GERBESON CARLOS BATISTA *et al.* **Panorama do setor eólico no estado do Rio Grande do Norte no período 2004-2017**. ESTUDOS AVANÇADOS 35 (102).Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/J9h3G3zBmMXr7d5gzYtrhmn/?lang=pt&format=pdf#:~:text=Entre%202004%20e%202017%2C%20a,parques%20e%20C3%B3licos%20fixados%20no%20estado.,2021>. Acesso em: 05 de ago. de 2022.

EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#ENERGETICA>. Acesso em: 8 set. 2022.

GUEVARA, Arnoldo José de Hoyos *et al.* **ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: EVOLUÇÃO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS**. RISUS - Journal on Innovation and Sustainability, São Paulo, ano 1, n. 10, p. 124-142, 1 mar. 2019. Acesso em: 20 de ago. de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 de set. de 2022.

IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/ABEEolica_GO-Associados-V.-Final.pdf. Acesso em: 13 out. 2022.

IRENA.GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/05/IRENA_Report_GlobalEnergyTransformation_A-Roadmapto2050_2018.pdf. Acesso em: 13 out. 2022.

JÁCOME, Igor. **Em 10 anos, produção de energia eólica cresce 1.700% no Rio Grande do Norte.** G1, 17 ago. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/g1-rn-10-anos/noticia/2022/08/17/em-10-anos-producao-de-energia-eolica-cresce-1700percent-no-rio-grande-do-norte.ghhtml>. Acesso em: 17 ago. 2022.

LAGE, Elisa Salomão; PROCESSI, Lucas Duarte. **Panorama do setor de energia eólica.** Revista do BNDES 39, p. 183-206, 10 jun. 2013. Acesso em: 20 de ago. de 2022.

MACEDO, Luziene Dantas. **Produção de Energia Elétrica por Fonte Eólica no Brasil e Aspectos de seu Impacto na Região Nordeste e Rio Grande do Norte.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo (SP), 2015. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000949591>. Acesso em: 5 de set. de 2022.

MARTINS, Ellen Beatriz Medeiros. **A GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA COMO FATOR DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL – O CASO DO MUNICÍPIO DE LAGOA NOVA-RN.** Orientador: Prof. Pio Marinheiro de Souza Neto, Msc. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (CURSO DE ADMINISTRAÇÃO) - DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS, UFRN, Currais Novos/RN, 2017. Acesso em: 27 de set. de 2022.

OLIVEIRA NETO, Calisto Rocha. **Energia Eólica e Desenvolvimento no Terceiro Milênio:** reflexões a partir do Brasil, Nordeste e Rio Grande do Norte. Natal: UFRN/PPGECO. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Economia da

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN), 2016. Acesso em: 28 de set. de 2022.

PAULA, FABRÍCIO FAGNER DE. **GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental de Sanitária.) - FACULDADE DOCTUM -CENTRO DE ARQUITETURA E ENGENHARIAS, Santos, 2019. Acesso em: 5 de out. de 2022.

RUNCOS, F. *et al.* **GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA – TECNOLOGIAS ATUAIS E FUTURAS**. GRUCAD-EEL-CTC-UFSC. Disponível em: <https://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/energia-eolica.pdf>, 19 jan. 2004. Acesso em: 23 de ago. de 2022

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável**. Estudos Avançados, n. 77, ed. 27, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/MoanaSimas/publication/260569171_Energia_eolica_geracao_de_empregos_e_desenvolvimento_sustentavel/links/0f3175319b02f21de2000000/Energia-eolica-geracao-de-empregos-e-desenvolvimentosustentavel.pdf?origin=publication_detail. Acesso em: 17 out. 2022.

TRIBUNA DO NORTE. **Projetos offshore de energia eólica no RN somam 12,84 GW**. Disponível em: <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/projetos-offshore-de-energia-eolica-no-rn-somam-12-84-gw/531351>. Acesso em: 8 set. 2022.