



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Maria Eduarda Medeiros da Silva

Energia eólica no Brasil: a contribuição do Nordeste e do Rio Grande do Norte na diversificação
da matriz energética

Maria Eduarda Medeiros da Silva

Energia eólica no Brasil: a contribuição do Nordeste e do Rio Grande do Norte na diversificação da matriz energética

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

Orientador: José Alderir da Silva, Prof. Dr.

© Todos os direitos estão reservados a 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 tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva

ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586e Silva, Maria Eduarda Medeiros da .
Energia eólica no Brasil: a contribuição do
Nordeste e do Rio Grande do Norte na
diversificação da matriz energética / Maria Eduarda
Medeiros da Silva. - 2024.
44 f. : il.

Orientador: José Alderir da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2024.

1. energia eólica. 2. energia limpa. 3. matriz
energética . 4. fonte renovável . 5. diversificação . I.
Silva, José Alderir da, orient. II. Título.

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

Maria Eduarda Medeiros da Silva

Energia eólica no Brasil: a contribuição do Nordeste e do Rio Grande do Norte na diversificação da matriz energética

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

Orientador: José Alderir da Silva, Prof. Dr.

Defendida em: 12 / 04 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



JOSE ALDERIR DA SILVA

Data: 18/04/2024 16:34:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome do Orientador, Prof. Dr. (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente



JOEMIA LEILANE GOMES DE MEDEIROS

Data: 18/04/2024 20:21:34-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome da Examinadora Interna, Profa. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



THIAGO GEOVANE PEREIRA GOMES

Data: 18/04/2024 17:51:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome do Examinador Externo, Prof. Dr. (UFXYZ)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



FRANCISCO DANILO DA SILVA FERREIRA

Data: 18/04/2024 17:51:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome do Examinador Externo, Prof. Dr. (UFXYZ)

Membro Examinador

*À Sueli Medeiros,
que faz meu peito arder de saudade.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo à minha mãe, Vitória Medeiros, pelo apoio e preocupação com a minha educação. Sou ciente dos seus sacrifícios na criação dos seus filhos, e foi isso que sempre me manteve de pé. Quero poder recompensá-la por tudo.

Aos familiares que me apoiaram nessa jornada, muito obrigada. À minha tia Sueli Medeiros, que gostaria de assistir à minha formatura, mas partiu deixando-nos com tanta saudade, à minha avó Dilciene Medeiros, aos meus irmãos Sabrina Ellen e Nicolas Eduardo, agradeço a existência de vocês.

Sou grata à Débora Lopes, que um dia me disse que tudo bem chorar às vezes, mas que é preciso continuar. Você se tornou um pilar fundamental em minha vida, me fortalecendo e trazendo conforto nos dias tempestuosos. Você também merece uma recompensa.

Aos amigos que fiz ao longo desses anos e aos que renovei os laços, sou imensamente grata. Vocês formaram uma base forte onde pude me apoiar nos momentos difíceis.

Expresso minha profunda gratidão ao professor José Alderir. Sua orientação foi excepcional durante a elaboração desse trabalho, enriquecendo meus conhecimentos e gerando em mim um enorme interesse pelas questões ambientais.

Agradeço a banca examinadora, pela disponibilidade e atenção.

Sou grata ao Programa de Educação Tutorial pelo suporte financeiro e pelos momentos vividos.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que cruzaram o meu caminho, as que construíram morada e as que fizeram uma breve passagem. Todas foram fundamentais para a minha construção. Com absoluta certeza, eu jamais seria quem sou hoje sem todas as experiências que me proporcionaram, sejam as boas e as más, todas me moldaram e me fizeram chegar até esse momento.

Quando a vida decepçiona, qual é a solução?
Continue a nadar!
-Dory

RESUMO

A diversidade da matriz é importante para prevenir a população e o país seguir preparado para uma possível crise energética, lhe restando outras fontes capazes de suprir essa necessidade. Na matriz energética brasileira, há uma grande variedade de fontes de energia, sendo considerada uma das mais limpas devido à grande participação de fontes renováveis, como é o caso da eólica. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar o processo de diversificação da matriz do país e a participação da eólica nesse processo. A pesquisa apontará as vantagens e desvantagens da fonte eólica, ao mesmo tempo que mostrará a importância da diversificação da matriz energética para o país e a ação de complementariedade das fontes eólica e hidrelétrica. O método adotado foi uma análise qualitativa fazendo uso de uma estratégia dedutiva, analisando primeiro o Mundo, o Brasil, o Nordeste e por fim, o Rio Grande do Norte. Assim, parte-se de uma análise geral para uma análise específica no que diz respeito ao processo de diversificação da matriz energética do país. A pesquisa constatou que os maiores contribuidores para a geração de energia eólica do país é a região Nordeste e o estado do Rio Grande do Norte.

Palavras-chave: energia eólica; energia limpa; matriz energética; fonte renovável; diversificação.

ABSTRACT

The diversity of the matrix is important to prevent the population and the country to remain prepared for a possible energy crisis, leaving other sources capable of meeting this need. In the Brazilian energy matrix, there is a wide variety of energy sources, being considered one of the cleanest due to the large share of renewable sources, such as wind. Therefore, the objective of this work is to analyze the process of diversification of the country's matrix and the participation of wind energy in this process. The research will point out the advantages and disadvantages of wind sources, at the same time as it will show the importance of diversifying the energy matrix for the country and the complementary action of wind and hydroelectric sources. The method adopted was a qualitative analysis using a deductive strategy, first analyzing the World, Brazil, the Northeast and finally, Rio Grande do Norte. Thus, we start from a general analysis to a specific analysis with regard to the process of diversification of the country's energy matrix. The research found that the largest contributors to the country's wind energy generation are the Northeast region and the state of Rio Grande do Norte.

Keywords: wind energy; clean energy; energy matrix; renewable source; diversification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Cata-vento para bombeamento de água.....	18
Figura 2	– Potencial eólico e velocidade dos ventos à 50m de altura.....	31
Figura 3	– Potencial eólico e velocidade dos ventos à 75m de altura.....	32
Figura 4	– Potencial eólico e velocidade dos ventos à 100m de altura.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Ranking da capacidade eólica onshore instalada no mundo em 2022.....	20
Gráfico 2	– Matriz energética mundial-2021	21
Gráfico 3	– Matriz elétrica mundial-2021.....	22
Gráfico 4	– Evolução da geração eólica no Brasil (MW)	24
Gráfico 5	– Matriz energética brasileira 2022	26
Gráfico 6	– Matriz elétrica brasileira 2022	26
Gráfico 7	– Evolução da geração eólica no Nordeste (TWh).....	28
Gráfico 8	– Fator de capacidade do Nordeste em 2022	29
Gráfico 9	– Matriz energética do Rio Grande do Norte em 2021 (%).....	33
Gráfico 10	– Evolução da geração eólica no Rio Grande do Norte (GW).....	34
Gráfico 11	– Evolução da representatividade de cada região.	36
Gráfico 12	– Evolução dos principais estados produtores.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Comparação entre os estados do Nordeste.....	29
Tabela 2	–	Capacidade eólica de cada região em 2022.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
ABEEÓLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
GW	Gigawatts
MW	Megawatts
PCH	Pequenas Centrais de Hidroelétrica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PROEÓLICA	Programa Emergencial de Energia Eólica
PTC	<i>Renewables Energy Production Tax Credit</i>
RPS	<i>Renewables portfolio standards</i>
TWh	Terawatts-hora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos.....	15
1.1.1	Objetivo geral.....	15
1.1.2	Objetivos específicos.....	15
1.2	Justificativa.....	16
2	METODOLOGIA.....	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1	Energia eólica no Mundo.....	18
3.2	Energia eólica no Brasil.....	22
3.3	Energia eólica no Nordeste.....	27
3.4	Energia eólica no Rio Grande do Norte.....	30
4	CONTRIBUIÇÃO DO NORDESTE E DO RIO GRANDE DO NORTE NA MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL.....	35
5	DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA.....	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
	REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio da civilização o homem usa a energia dos ventos em seu benefício, seja para moer grãos ou bombear água. A Pérsia foi o primeiro lugar com registro histórico do uso dos moinhos. Com o tempo essa tecnologia se espalhou por todo o mundo, e as pessoas foram encontrando novas funções e meios de utilização, como serrarias, prensas de grãos e fábricas de papel. Com o avanço das décadas, as tecnologias se modificaram positivamente, e no atual cenário do século XXI, essa tecnologia tem sido bastante utilizada na geração de eletricidade por meio de aerogeradores (Cunha et al., 2019).

O funcionamento dos aerogeradores se dá pelo vento que atinge as pás, fazendo girar o rotor onde elas são fixadas. O movimento do rotor aciona o eixo na parte interna, que passa por algo conhecido como caixa de engrenagem, nessa etapa a velocidade dos giros aumentam para permitir a produção de eletricidade. Apesar das pás girarem lentamente na intenção de evitar barulhos, dentro a velocidade dos giros é absurda. A energia do movimento é transmitida para o gerador, que a transforma em eletricidade. Em seguida a energia elétrica é direcionada para um transformador que irá elevar a tensão, com objetivo de evitar perdas. Para finalizar, a energia vai para a subestação através de uma linha de transmissão, que conecta o parque ao sistema elétrico, sendo encaminhada posteriormente até os consumidores (Pinhas, 2023).

Segundo Alves (2010), o Brasil é um país com um vasto potencial eólico no mundo, e por conta disso chama atenção de outros países com grande envolvimento na produção de energia eólica. Devido aos ventos fortes, principalmente no Nordeste, o Brasil é de grande interesse dentro das perspectivas de expansão desse mercado, se tornando ponto estratégico para a construção de aerogeradores.

De acordo com Silva (2023), a primeira turbina eólica no Brasil foi instalada em 1992 no arquipélago de Fernando de Noronha em Pernambuco (PE), resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), mas teve um desenvolvimento inicial limitado. Em resposta à crise energética de 2001, surgiu em 2002 o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), o qual desempenhou um papel crucial no impulsionamento da produção de eletricidade por meio da eólica no Brasil.

Levando em consideração o aumento exponencial do uso de turbinas eólicas para geração de eletricidade no país, esse estudo tem por motivação entender como se deu o início dessa geração no Brasil, quanto é gerado de energia para o país e em qual região está concentrada a maior parte da geração de energia eólica.

Atualmente o Brasil vem chamando atenção pela capacidade de produzir energia elétrica por meio dos ventos, contudo é importante entender como esse meio de gerar eletricidade surgiu no país e quanto tem contribuído para garantir a segurança energética brasileira

De todo o potencial eólico que o Brasil oferece, o Nordeste é a região onde se manifesta a maior concentração desse potencial. Vem liderando os estados do Rio Grande do Norte (RN) e da Bahia (BA), sendo estes dois os mais representativos do Brasil, estando ainda em seu processo de expansão provocado pelos incentivos governamentais devido ao grande potencial de vento em seu litoral.

Com tantos problemas enfrentados pelo mundo em relação ao meio ambiente e o que as energias não renováveis fazem com ele, é de suma importância que seja falado sobre as energias que não degradam o meio ambiente, as energias renováveis. Com a frequente expansão da energia eólica no Brasil, é importante a compreensão e a ciência da população a respeito desse tema, como também se faz necessário entender o papel do Nordeste no meio da potência brasileira de geração de eletricidade.

É pensando na segurança e no fornecimento de energia para o país, que existe a diversidade da matriz energética. Conforme Pereira (2021), um país rico em dimensão territorial, volume de água, irradiação solar, alta velocidade dos ventos, ondas agitadas e solo fértil, como o Brasil, não poderia deixar de prover energia limpa de diversas fontes energéticas. Diante desse contexto, como a energia eólica contribuiu para diversificação da matriz energética brasileira e para segurança energética do país? Qual a importância do Nordeste e do Rio Grande do Norte nessa diversificação?

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

O principal objetivo desta pesquisa é entender a importância da energia eólica no processo de diversificação da matriz energética brasileira, identificando o papel do Nordeste e do Rio Grande do Norte como principais geradores da energia proveniente dos ventos.

1.1.2. Objetivos específicos

- Descrever o início da geração de eletricidade por meio de aerogeradores no Brasil;
- Identificar o potencial de geração de energia eólica entre os estados produtores;
- Verificar qual a importância dessa fonte como complementar a fonte hidrelétrica;
- Analisar a evolução da eólica no Brasil, no Nordeste e no Rio Grande do Norte.

1.2. Justificativa

As informações obtidas sobre a geração de eletricidade por esse meio podem levar ao desenvolvimento de políticas públicas e conhecimento para que a população possa entender como funciona a energia eólica no Brasil desde a sua primeira turbina instalada até o atual cenário, levando a compreensão da importância tanto na visão nacional quanto mundial. Dessa forma, é possível identificar que este estudo sobre energia eólica no Brasil pode impactar direta ou indiretamente as pessoas com o mesmo interesse histórico de como essa fonte chegou ao país e o quanto é gerado por ela atualmente, trazendo uma maior conscientização quanto aos benefícios do uso das energias limpas para o mundo.

2. METODOLOGIA

Em termos gerais, o método adotado será uma análise qualitativa fazendo uso de uma estratégia dedutiva, analisando primeiro o Mundo, o Brasil, o Nordeste e por fim, o Rio Grande do Norte. Assim, parte-se de uma análise geral para uma análise específica no que diz respeito ao processo de diversificação da matriz energética do país.

O artigo se trata de uma revisão histórica, e para o desenvolvimento desse estudo foi seguido alguns passos citados por Souza et al. (2010), como a elaboração da pergunta norteadora, a busca na literatura, a coleta de dados, a análise crítica dos estudos, a discussão dos resultados e a apresentação da revisão bibliográfica. Foi realizado um estudo bibliográfico com base em artigos relacionados ao tema, com o intuito de evidenciar a importância da energia eólica no Brasil. Para utilização desses artigos, foi julgado alguns critérios de seleção. Para critério de inclusão na busca por informações relacionadas ao potencial eólico do país, considerou-se apenas dados recentemente publicados. Foram excluídos artigos ilógicos e repetitivos.

Após analisar os artigos e verificar a compatibilidade com o tema, foram retiradas as informações necessárias para o estudo. Depois disso, foi analisado os resultados da pesquisa onde se indagou questões sobre a potência eólica no Brasil e a grande capacidade do Nordeste, que se faz presente como a região mais propensa para a geração de eletricidade por meio dos ventos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Energia eólica no Mundo

As primeiras atividades desenvolvidas no mundo pela energia dos ventos têm uma história milenar, dando início há mais de 3 mil anos, evidenciando sua presença desde o Antigo Egito e Grécia. Sendo crucial no desenvolvimento das navegações, que serviram para grandes descobertas na sociedade.

Segundo Leitão (2019), os moinhos de vento, que é mais uma forma de utilização do vento, se tornaram muito populares no século XVII, chegando a existir 8 mil moinhos em operação na Holanda em 1750. Com a Revolução Industrial, a quantidade de moinhos diminuíra. Alguns Holandeses migraram levando com eles essa tecnologia e logo os moinhos foram se espalhando pelo mundo inteiro. Sendo utilizados na moagem de grãos, como cevada e trigo, no bombeamento de água, na produção da farinha, contribuindo para a produção de papel, entre outras funções. Em 1854, o primeiro moinho de vento comercial foi criado pelo mecânico Daniel Halladay.

Os modelos para bombear água sempre foram eficientes, tanto que ainda é possível serem encontrados em funcionamento nos dias de hoje, como observado na figura 1, um cata-vento funcionando perfeitamente e abastecendo no período da seca um bairro da cidade de Jucurutu no interior do Rio Grande do Norte.

Figura 1 – Cata-vento para bombear de água



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De acordo com Martins et. al. (2008), houve o grande desenvolvimento dos moinhos de vento no final do século XIX, passando a ter mais uma função, gerar energia elétrica. As primeiras turbinas foram criadas na Dinamarca por companhias de equipamentos agrícolas, possuindo a capacidade de gerar de 30 a 55kW. Contemporaneamente, a Dinamarca lidera a produção turbinas eólicas.

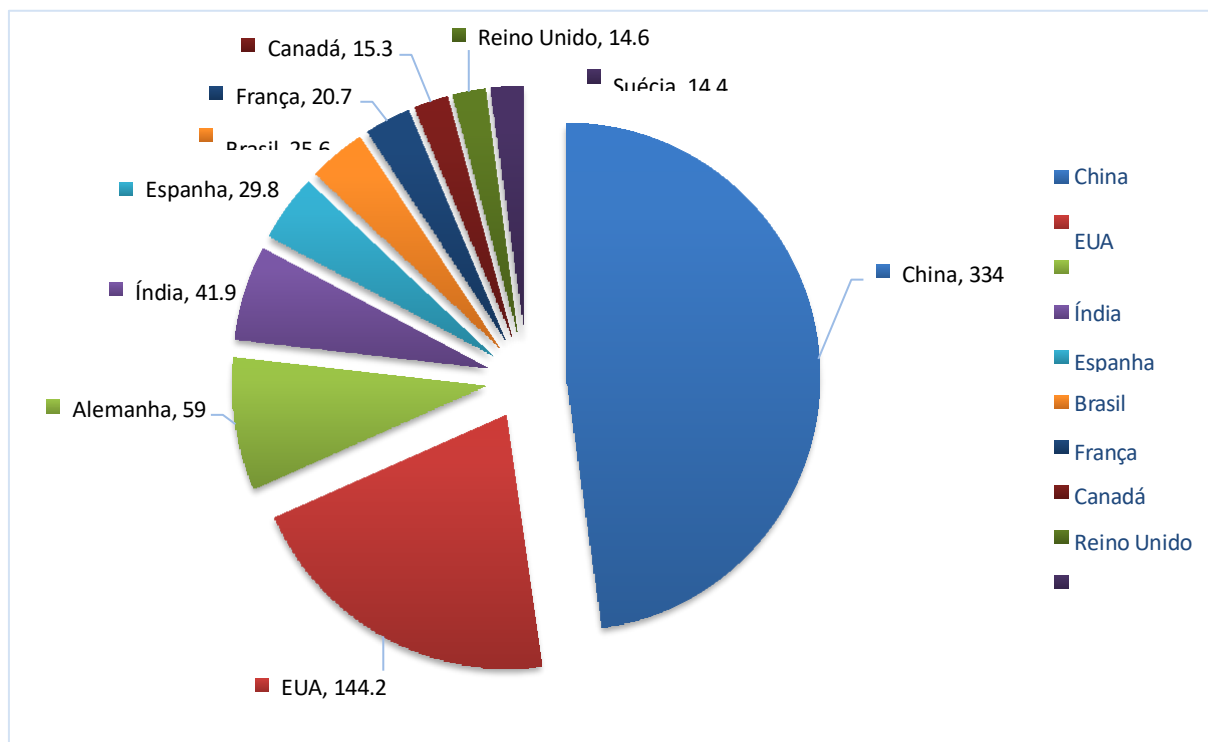
Com a crise do petróleo em 1970, surgiu um maior interesse em desenvolver essa fonte de eletricidade, logo, em 1976 a primeira turbina eólica comercial vinculada à rede pública foi instalada. Alguns países como Dinamarca, Holanda, Suécia e Estados Unidos começaram a investir no desenvolvimento dessa energia. Assim, a energia eólica foi aos poucos sendo inserida no mundo. A China foi o principal país responsável pelo crescimento mundial da produção de energia eólica, onde em 2009 possuía 40% das turbinas instaladas no mundo. Em 2013 a China teve um aumento significativo de potência instalada se comparado a outros países, expandindo sua potência instalada em 16,1%, tendo o segundo país, Alemanha, expandido 3% (Cunha et al., 2019).

Abreu et. al. (2014) destaca que os principais motivos para o crescimento da energia eólica no mundo são as preocupações com as mudanças climáticas e adoção de práticas de responsabilidade social. Quanto maior for o uso da força dos ventos para gerar eletricidade, menor a dependência por fontes não renováveis, consequentemente causando a redução de gases de efeito estufa e impactos negativos para o planeta.

Atualmente, a liderança da capacidade instalada de energia eólica está com a China, seguido dos Estados Unidos e Alemanha. Em 1997 apenas três países tinham a capacidade eólica instalada acima de 1.000 MW, sendo eles Estados Unidos, Dinamarca e Alemanha. Em 2014 esse número subiu para mais de vinte países (Dantas de Macedo, 2017).

Em um ranking mundial de capacidade eólica instalada *onshore* (em terra) para o ano de 2022, como é possível observar no gráfico 1, o Brasil aparece em sexto lugar, ficando atrás de países como China, Estados Unidos, Alemanha, Índia e Espanha, com 25,6 GW instalados (ABEEólica, 2022).

Gráfico 1 – Ranking da capacidade eólica onshore instalada no mundo em 2022 (GW)



Fonte: ABEEólica, 2022.

De acordo com Campos et. al. (2016) e Salino (2011), que abordam o crescimento eólico e as políticas implementadas nos principais países produtores de energia eólica, a China passou por três fases, 1) a importação da energia eólica para experimento, 2) o estabelecimento de políticas públicas para promoção da indústria e 3) a Lei de Energias Renováveis e a Reforma da Indústria Elétrica, que impulsionou o desenvolvimento eólico do país. Em 1996 deu-se início as políticas de incentivo na China com o programa *Ride the Wind Program*, que consiste em importar tecnologia de outros países para manter um mercado de turbinas eólicas de alta qualidade. Em 2005 foi criada a Lei da Energia Renovável, que consiste na compra de energia eólica e oferece incentivo financeiro como um fundo nacional.

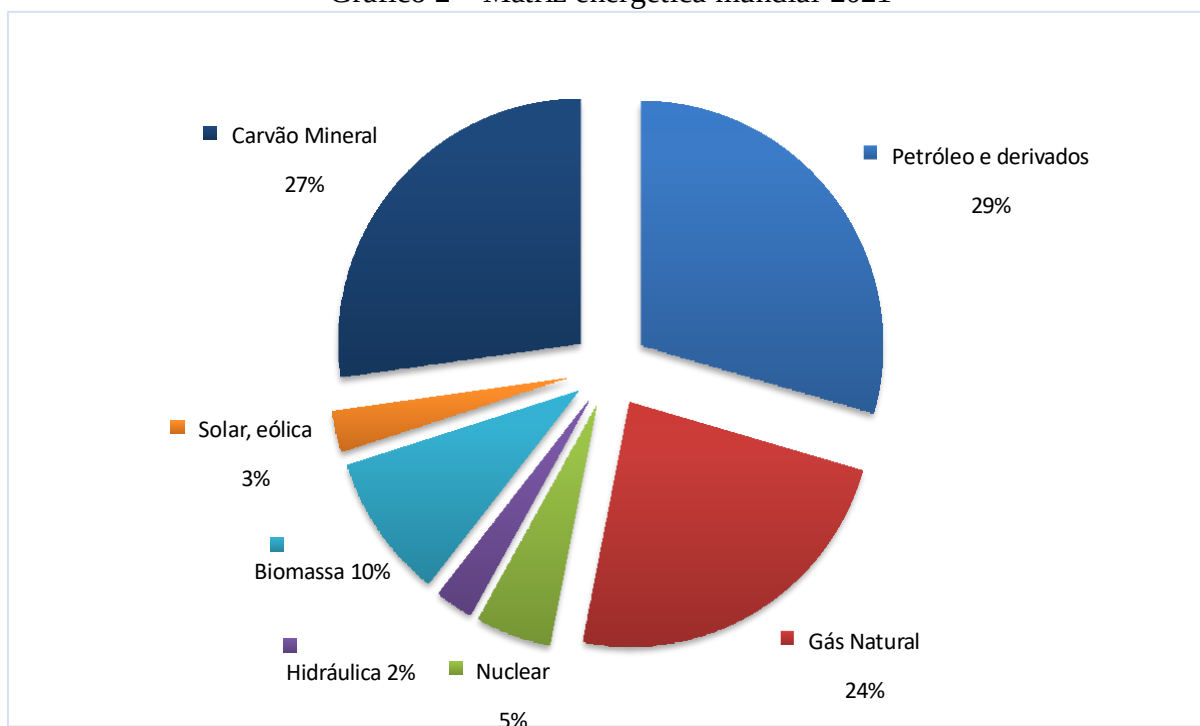
O crescimento da energia eólica nos EUA se deve às políticas de incentivo, como o *Renewables Energy Production Tax Credit* (PTC), atuando no âmbito federal, que consiste em ofertar crédito em dólar por cada KWh de energia eólica produzida. E o *Renewables portfolio standards* (RPS) no âmbito estadual, regulamento que exige o aumento do uso de fontes renováveis na geração de eletricidade.

Na Alemanha, as leis de incentivo e o sistema tarifário promoveu o crescimento eólico, se tornando o país de maior mercado Europeu devido aos investimentos nas inovações tecnológicas do setor, o aumento da oferta de energia e a segurança tarifária. Em 1980 foi criado

o programa de 100/250 kW, que dava subsídios para investimento nesse setor. No ano 2000, a Lei de Energias Renováveis tinha como objetivo aumentar a participação das energias limpas na matriz do país, partindo de 5 para 10% até 2010. Chegando em 2009, essa porcentagem já ultrapassava o objetivo com 10,1%.

Existe uma grande dúvida a respeito da diferença entre matriz energética e matriz elétrica. A primeira é o conjunto de fontes de energia utilizadas no dia a dia, seja para movimentar carros, cozinhar e gerar eletricidade, já a elétrica, como o nome indica, é o conjunto utilizado somente para geração de eletricidade. Sendo assim, é correto afirmar que a matriz elétrica está dentro da matriz energética (Energética, 2019).

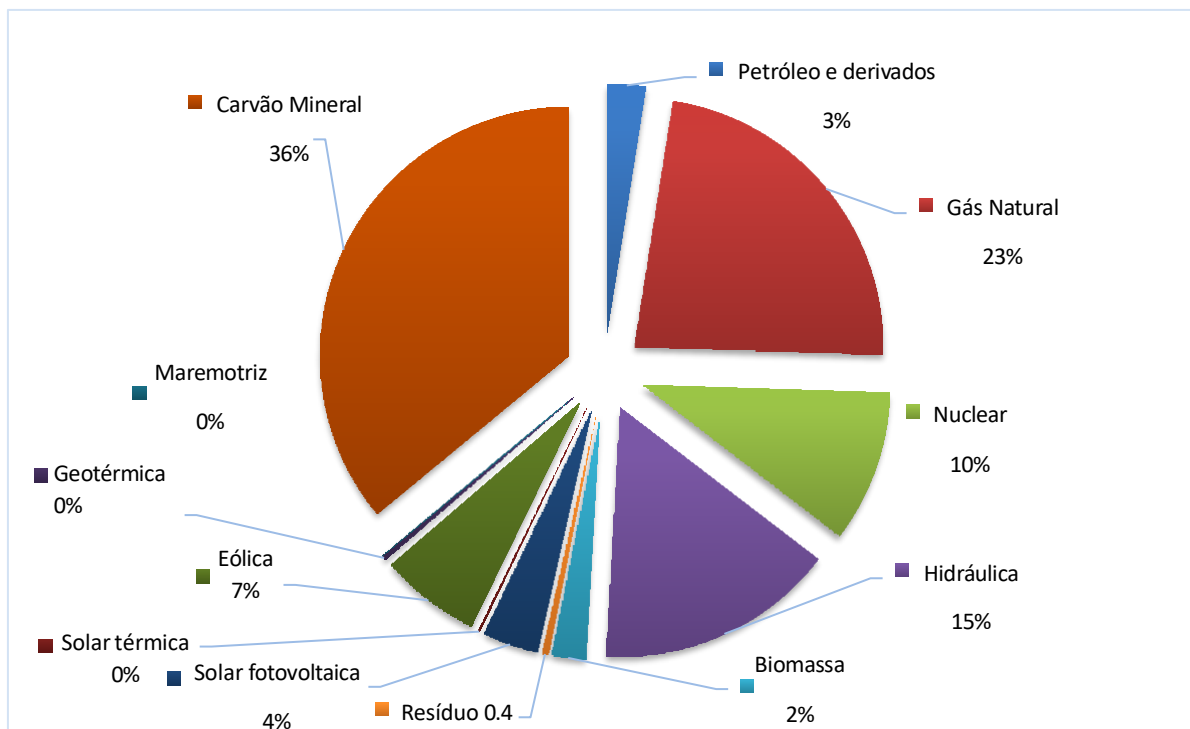
Gráfico 2 – Matriz energética mundial-2021



Fonte: Adaptada de Energética, 2019.

No gráfico 2 é possível analisar que as fontes não renováveis compõem a maior parte da matriz energética mundial. Somando as fontes solar, eólica, biomassa e hidráulica, as fontes renováveis chegam a somente 15% do total da matriz. E no gráfico 3 mostra a matriz elétrica mundial, onde é notável o maior uso de combustíveis fósseis, como carvão e gás natural. Totalizando quase 72% de fontes não renováveis e 28% renováveis.

Gráfico 3 – Matriz elétrica mundial-2021



Fonte: Adaptada de Energética, 2019.

O uso da energia eólica vem crescendo consideravelmente ao longo das décadas, tendo uma participação significativa em muitos países incluindo o Brasil, país que ganha destaque nessa perspectiva com condições favoráveis de vento, gerando uma quantidade significativa de energia para o país. Isso indica que a população mundial está cada vez mais preocupada em buscar fontes limpas e sustentáveis, contribuindo para a redução de impactos ambientais.

A fonte eólica é ideal para complementar a hídrica, por esse motivo ela ganhou tanto espaço no setor elétrico brasileiro. Nesse contexto, a região Nordeste contribui de forma significativa justamente porque existe a sazonalidade do regime de ventos ser inversa à do regime de chuvas, favorecendo essa complementariedade (Traldi, 2014).

3.2. Energia eólica no Brasil

O Brasil é um país rico em volume de água, dimensão territorial, velocidade dos ventos e entre outros fatores que o levam a ser considerado um ótimo lugar para geração de eletricidade, sendo totalmente capaz de prover energia limpa de diversas fontes, e possuindo uma matriz extremamente limpa. Nessa concepção, a energia eólica vem ganhando destaque, se mostrando muito útil para a segurança energética do país, sendo uma das fontes que mais está crescendo nos últimos anos.

Já na década de 70 o Brasil se tornou alvo de estudos envolvendo a geração de energia por meio da eólica. Entre 1976 e 1977, medições anemométricas (coletas de dados de direção, velocidade, constância e outras variáveis climáticas) foram realizadas em aeroportos brasileiros, indicando a eólica como uma fonte viável no litoral do Nordeste e no arquipélago de Fernando de Noronha, onde em 1992 foi instalada a primeira turbina, gerando o equivalente a 225 kW, sendo pioneira em operação comercial na América do Sul (Pinto et al., 2019).

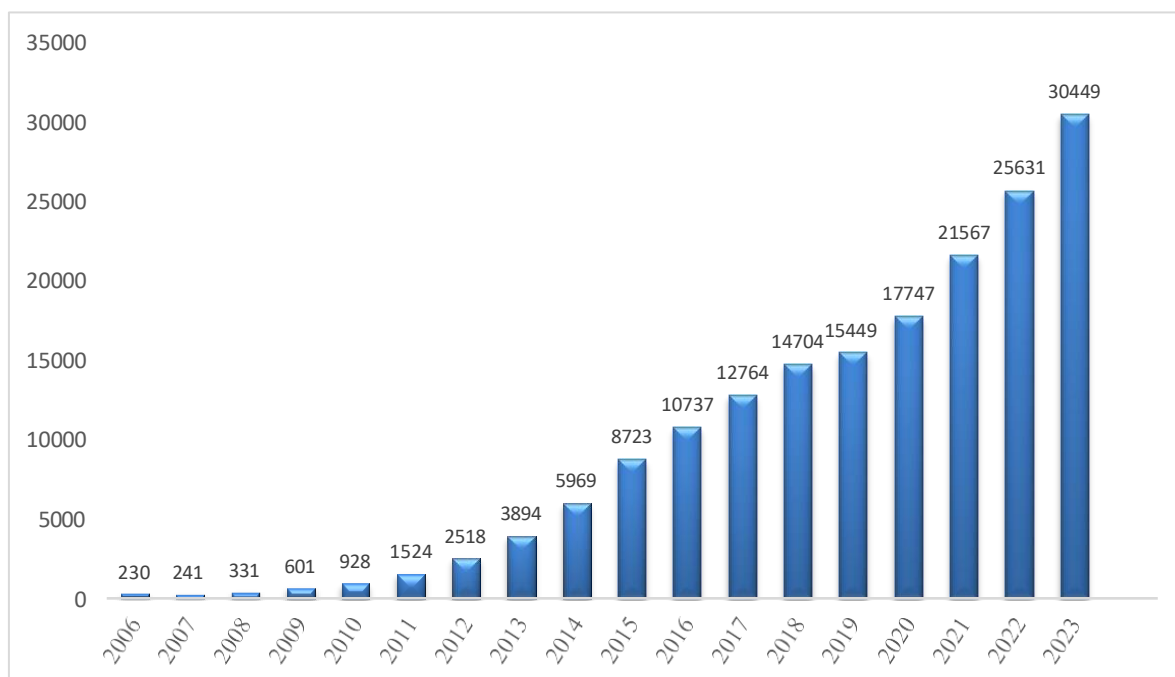
Considerando os resultados promissores dos testes com os aerogeradores e a dificuldade que o país estava passando, o Governo Brasileiro resolveu investir em programas de incentivos a energia proveniente de fontes limpas, criando em julho de 2001 o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA). Conforme Pêgo Filho et. al. (2001), a criação desse programa se deu em decorrência de uma crise energética no Brasil, que ocorreu no mesmo ano, onde as principais hidrelétricas sofreram com baixos índices pluviométricos, episódio em que, de acordo com Cechin (2017), exibiu a fragilidade do setor energético brasileiro. A crise mobilizou a todos, e após o que foi vivenciado em 2001, o governo passou a incentivar projetos de conservação de energia. No entanto, não obtendo o resultado esperado, o PROEÓLICA foi substituído em abril de 2002, pelo PROINFA.

Em 2002, com a criação do PROINFA, o Brasil deu um grande passo rumo a diversificação da matriz energética, objetivando o aumento na segurança com a contratação de projetos elétricos, o desenvolvimento tecnológico e a criação de empregos. O intuito inicial do programa era fomentar a instalação de 3.300 MW distribuídos de maneira igualitária entre as três fontes escolhidas, sendo elas a eólica, as pequenas centrais de hidroelétricas (PCH) e a biomassa, embora os projetos de biomassa tenham sido insuficientes para gerar os 1.100 MW planejados e novas contratações tenham sido feitas para alcançar a meta estabelecida em lei. O resultado disso foi 1.192,24 MW de 63 PCHs, 1.422,92 MW de 54 usinas eólicas e 685,24 MW de 27 usinas de biomassa. O programa, que tinha data de validade, teve seu término prorrogado algumas vezes ao longo dos anos, porém segue ativo nos dias atuais (Lopes, 2011).

De acordo com os Boletins Anuais, obtidos no site oficial da ABEEólica, em 2009 foi contratado 1,8 GW de potência instalada, depois disso a capacidade acumulada tem crescido ao longo dos anos. O ano de 2017 terminou com a capacidade de 12,77 GW, com o Brasil ocupando o oitavo lugar no ranking mundial de capacidade eólica instalada. Em 2020 subiu para o sétimo lugar, com 17,75 GW de capacidade acumulada. Chegando em 2021, com 11,8%, se consolidou a segunda maior fonte da matriz elétrica brasileira, com 21,57 GW de potência instalada e ocupando o sexto lugar no ranking mundial. Ao final de 2023 a capacidade se acumulou em 30,45 GW, com 14,8% de representatividade na matriz elétrica brasileira, o

gráfico 4 mostra a evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil entre 2006-2023.

Gráfico 4 – Evolução da capacidade eólica no Brasil (MW)



Fonte: ABEEólica, 2023.

A comercialização da energia eólica no Brasil acontece através de leilões, que são definidos como um mecanismo de negociação que institui uma dinâmica que leva à descoberta do preço de um bem. A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE é responsável por realizar esses leilões de compra e venda, além de definir o preço, desenvolver e aprimorar as regras do mercado, sendo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) responsável por regular as atividades da CCEE (Costa et al., 2012). A fonte eólica tem se mostrado competitiva no mercado, onde nos últimos anos obteve um número alto de projetos aprovados.

Conforme Correia et. al. (2006), o modelo do mercado de energia foi desenvolvido para que compradores e vendedores determinassem seus negócios em um Ambiente de Contratação Regulado (ACR), que tem o objetivo de contratar energia para suprir a demanda das distribuidoras que fornecem eletricidade aos consumidores finais, e Ambiente de Contratação Livre (ACL), que objetiva negociar diretamente entre geradores e consumidores.

O primeiro leilão de energia realizado para a fonte eólica aconteceu em 2009, e desde então vem se desenvolvendo significativamente. Entre 2009 e 2012, houveram seis leilões com

a participação da eólica, onde foram contratados 7 GW para novos projetos. Em decorrência desses projetos, o ano de 2011 foi marcado pelo incremento da energia eólica na matriz energética brasileira (Melo, 2013).

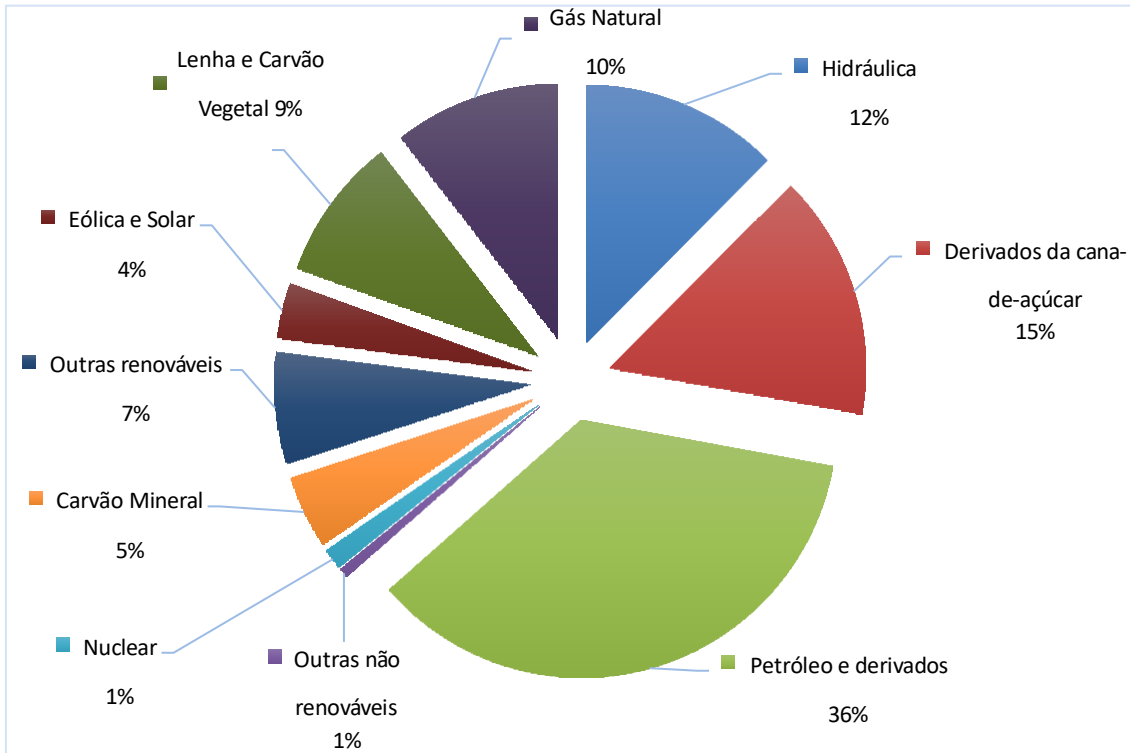
De acordo com resultados obtidos por Civitarese (2022), que comparou o desenvolvimento da geração eólica com e sem a participação da fonte nos leilões, é possível concluir que a eólica pôde se desenvolver três vezes mais rápida no país graças aos leilões, somando 46.773 GWh à matriz energética, diversificando e tornando-a mais segura. Sendo a maioria dos projetos aprovados nos leilões destinados para o Nordeste, região que mais contribui para a geração de energia eólica no Brasil, onde em 2022 gerou 70,48 TWh com 90,3% de representatividade, tendo um aumento de 12% em relação ao ano anterior, que gerou 63,20 TWh com 88,7% da produção total.

Diferente da matriz energética mundial, que é composta principalmente por fontes não renováveis como o carvão, gás e petróleo, a brasileira tem quase metade da sua ocupação composta por fontes renováveis de energia e é bastante diversificada, como pode-se observar no gráfico 5. Em 2021, enquanto o Brasil produzia 44,8% de energia renovável o mundo produzia 14,7.

A matriz elétrica brasileira ainda consegue ser mais limpa que a matriz energética, sendo mais da metade da energia elétrica do Brasil gerada através de usinas hidrelétricas. A segunda fonte que mais produz é a eólica, que vem crescendo exponencialmente ao longo dos anos, dando suporte a hidrelétrica, podendo ser analisado no gráfico 6. Comparando também a matriz elétrica mundial e brasileira em 2021, nota-se que o Brasil produziu 84,8% renovável e o mundo 28,1.

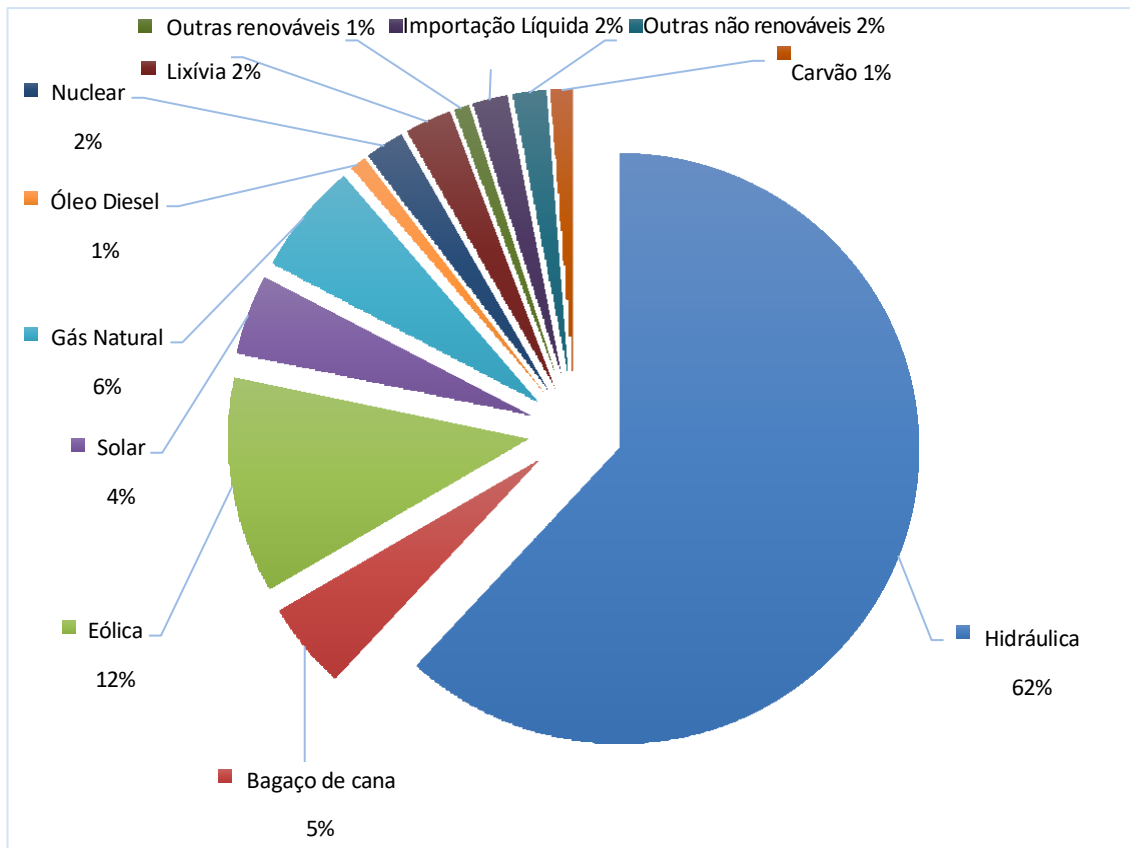
De acordo com a ABEEólica, em relação ao tamanho da indústria eólica do Brasil, o país possui 31 GW de capacidade instalada em operação, conta com mais de 11.000 aerogeradores em funcionamento, distribuídos entre 1.039 parques eólicos em 12 estados brasileiros.

Gráfico 5 – Matriz energética brasileira 2022



Fonte: Adaptada de Energética, 2019.

Gráfico 6 – Matriz elétrica brasileira 2022



Fonte: Adaptada de Energética, 2019.

O Brasil possui grande extensão territorial nas regiões mais favoráveis a produção de energia eólica, a abundância de vento nessas áreas é uma grande vantagem do país. Algumas vantagens da fonte eólica é não ter emissão de poluentes na atmosfera, não consumir combustível, permitir o uso do espaço nos parques eólicos para outros fins, como agrícola e pecuária, e a vida útil das turbinas, que é de aproximadamente 20 anos. Apesar de muitos benefícios, a produção da energia eólica ainda apresenta algumas desvantagens, como o combustível sazonal, os ventos que não podem ser estocados (como a água que pode ser armazenada em reservatórios), o barulho provocado, principalmente quando o monitoramento não é frequente, a área não pode ter muitas elevações e habitações, o impacto visual, e a interferência eletromagnética. Contudo, ao passo que a tecnologia vai se desenvolvendo, as desvantagens vão sendo corrigidas (Bigão, 2013).

Diversificar a matriz do seu país deve ser um dos objetivos principais de um governo, tornando a população independente e mantendo alto o nível de segurança energética. É importante para a economia, e para os impactos ambientais, que são reduzidos consideravelmente.

A energia eólica demonstrou grande potencial para servir como energia complementar a hidrelétrica. A inclusão de uma energia complementar a outra na matriz energética se dá pela necessidade da minimização dos impactos que podem ser ocasionados por uma grande crise e para que uma energia possa cobrir a deficiência da outra, como no caso da hidrelétrica, que apresenta instabilidade nos períodos de estiagem, sendo exatamente ao contrário do que se precisa na produção de energia eólica, já que na Região Nordeste, onde mais se produz, os ventos são mais favoráveis nos períodos da seca. Contribuindo também para a preservação da água nos reservatórios do país, que na seca reduz o seu nível (Da Silva, 2020).

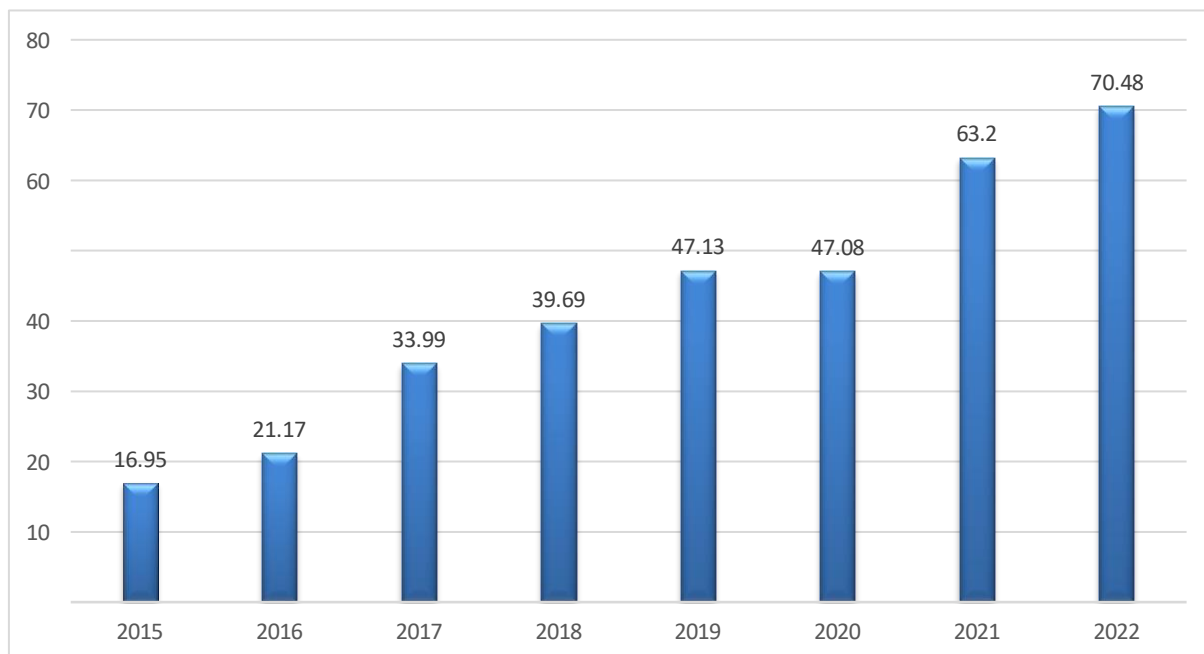
3.3. Energia eólica no Nordeste

A região Nordeste do Brasil costumava ter a fonte hídrica como provedora de energia elétrica, utilizando o Rio São Francisco como principal fonte. No entanto, essa energia sendo economicamente viável está comprometida na região, beirando o esgotamento. É possível afirmar que esse cenário tem mudado desde o envolvimento das termelétricas e eólica, que tem crescido fortemente na região (Bezerra, 2017).

O Nordeste possui em seu território fatores essenciais para a produção de energia eólica, fazendo uma combinação de extensas áreas com ventos intensos e constantes. Por essa razão, se tornou a região que mais produz no Brasil. A grande maioria dos projetos de energia eólica

são destinados para o Nordeste, isto porque, Segundo Bezerra (2019), na região existem as “jazidas” de vento, que apresentam ótimas condições para fins de geração de eletricidade. O autor ainda ressalta que, sendo essa a área mais favorável para produzir, vários fabricantes de aerogeradores optam por inserir suas fábricas nessa região, inclusive os fabricantes dos componentes (torres, pás, flanges, entre outros) também seguem a mesma lógica.

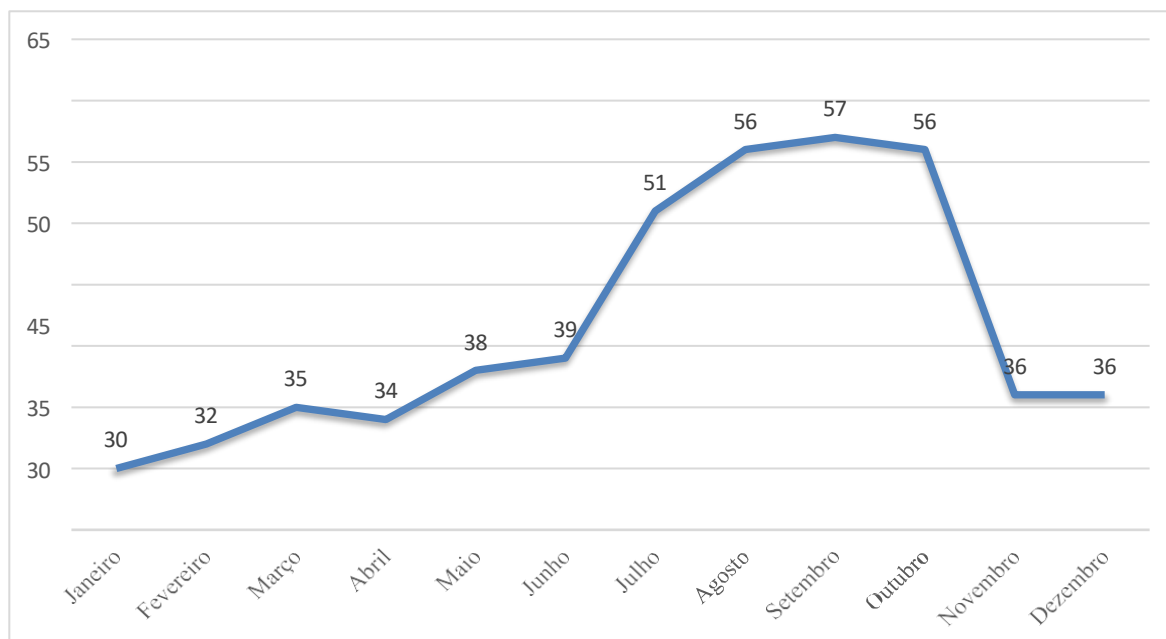
Gráfico 7 – Evolução da geração eólica no Nordeste 2015-2022 (TWh)



Fonte: Boletins Anuais, ABEEólica.

Observando o gráfico 7, é possível notar que o Nordeste tem evoluído à passos largos, saindo de 16,95 TWh em 2015 para 70,48 TWh em 2022, de acordo com a ABEEólica. O Rio Grande do Norte, a Bahia, o Ceará e o Piauí são os quatro estados que mais produzem energia eólica na região, sendo RN e BA os mais representativos.

Gráfico 8 – Fator de capacidade do Nordeste em 2022 (%)



Fonte: ABEEólica, 2022.

Para realizar a medição do desempenho dos empreendimentos eólicos, é realizado o fator de capacidade, que representa a relação entre a energia produzida e a capacidade de geração de uma instalação. O gráfico 8 representa os valores médios mensais analisados em 2022 na região Nordeste. Nota-se que no segundo semestre ocorre um aumento relevante na porcentagem, chegando ao final do ano com 41% em média gerado. Os dados apresentam relatividade entre os meses, isso ocorre por causa da sazonalidade dos ventos na região.

De acordo com ABEEólica, os cinco estados que apresentaram maior fator de capacidade médio em 2022 foram a Bahia (44,9%), o Piauí (43,1%), o Maranhão (42,5%), o Pernambuco (42,3%) e o Rio Grande do Norte (39,4%).

Tabela 1 – Comparação entre os estados do Nordeste

Estados	Quantidade de Usinas em Operação	Potência Instalada (MW)	Potência Instalada em Teste (MW)
BA	324	9.035,60	497,90
RN	303	9.575,30	389,60
PI	118	3.925,20	125,40
CE	98	2.568,30	0
PE	43	1.086,80	86,90
PB	39	992,89	0
MA	15	426,00	0
SE	1	34,5	0
Total	941	27.644,59	1.099,8

Fonte: ABEEólica, 2024.

Na tabela 1 é possível notar a quantidade de parques instalados e quanto cada estado contribui para a geração de energia através da eólica no Nordeste. O estado da Bahia é o contemplado com maior número de usinas em operação, porém é o estado do Rio Grande do Norte que possui a maior potência instalada, com 9,6 GW.

3.4. Energia eólica no Rio Grande do Norte

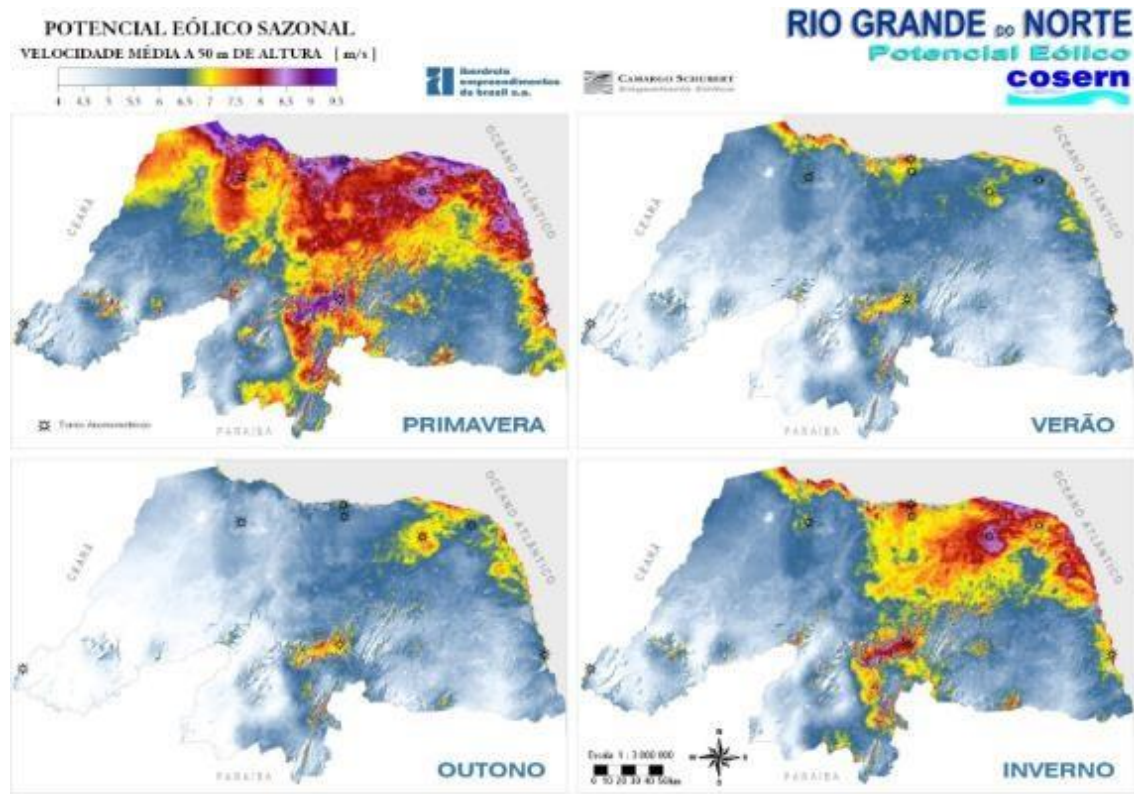
O estado potiguar é destaque na região Nordeste, apresentando as melhores condições para transformar vento em eletricidade, obtendo a maior potência instalada em operação entre os estados produtores. Segundo Neto (2015), em maio de 2014 o RN foi o primeiro estado a ultrapassar a marca de 1 GW de capacidade instalada. Atualmente, em março de 2024, conta com 303 parques eólicos em funcionamento, 9,6 GW de potência instalada e 389,60 MW em teste.

De acordo com Medeiros (2009), o primeiro parque eólico do estado foi construído na cidade de Macau possuindo apenas 3 aerogeradores, inaugurando suas operações em 2004 e produzindo um total de 1,8 MW. A construção desse parque se deu pela parceria entre a Petrobrás e a Wobben Windpower. Logo em 2006 o segundo parque foi instalado na cidade de Rio do Fogo. Em seguida, produzindo 561,1 MW, o terceiro parque foi inaugurado no município de Guamaré em 2010, a partir disso a produção passou a ser mais significativa. Chegando em 2014 o estado possuía 51 parques eólicos em operação e 47 sendo instalados, movimentando bilhões de reais.

Quando a velocidade dos ventos é superior a 7,5 m/s significa que a capacidade de gerar eletricidade cresce consideravelmente, o que não chega a ser um problema para o estado, possuindo ventos que atingem um nível elevado em cerca de 25% do seu território, em especial nos meses entre julho a novembro, aumentando significativamente sua produtividade (Macedo, 2023).

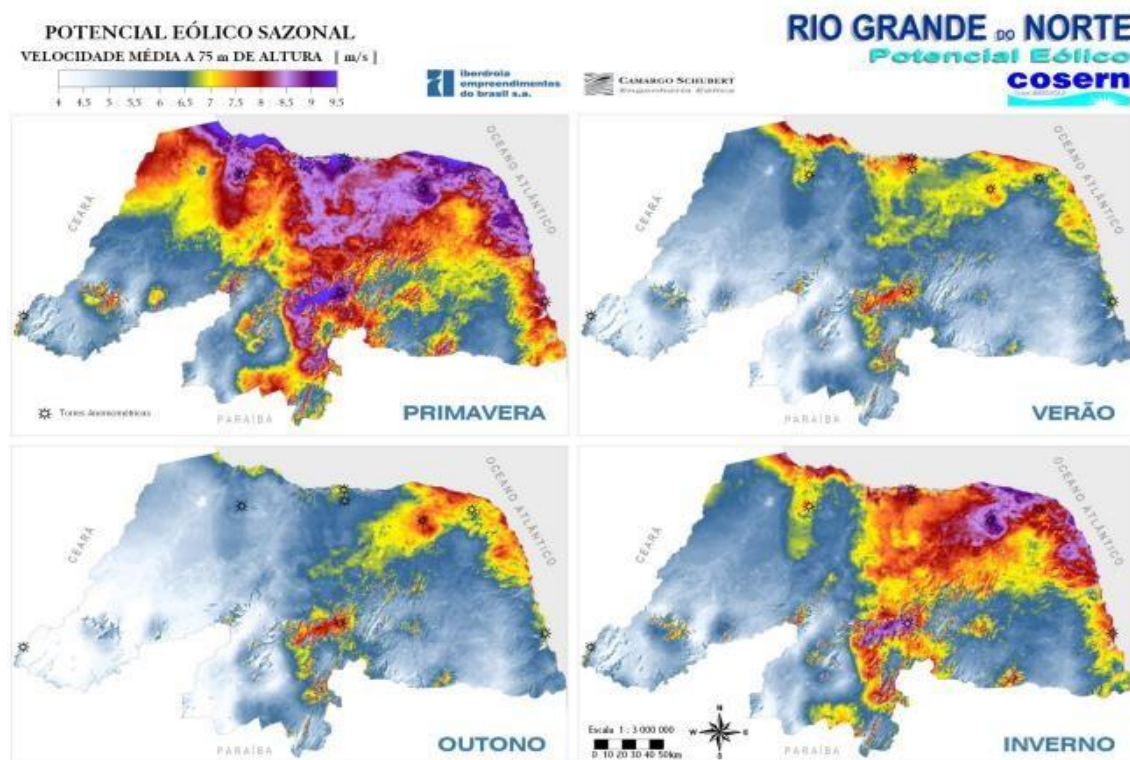
Ter um clima quente semiárido na maior parte do seu território é uma característica forte do RN, com uma localização que favorece a corrente dos ventos tanto no litoral do estado quanto em boa parte do seu interior. A consequência de bons ventos é a grande capacidade de gerar energia elétrica. Silva (2023) afirma que o estado tem os melhores ventos do território brasileiro, e a melhor localização para instalação de parques eólicos. O autor também faz menção ao regime de ventos no estado, que costuma apresentar uma certa relatividade quanto a sua ocorrência, sendo mais intensos nos meses de agosto a novembro, e mais fracos de fevereiro a maio.

Figura 2 – Potencial eólico e velocidade dos ventos à 50m de altura



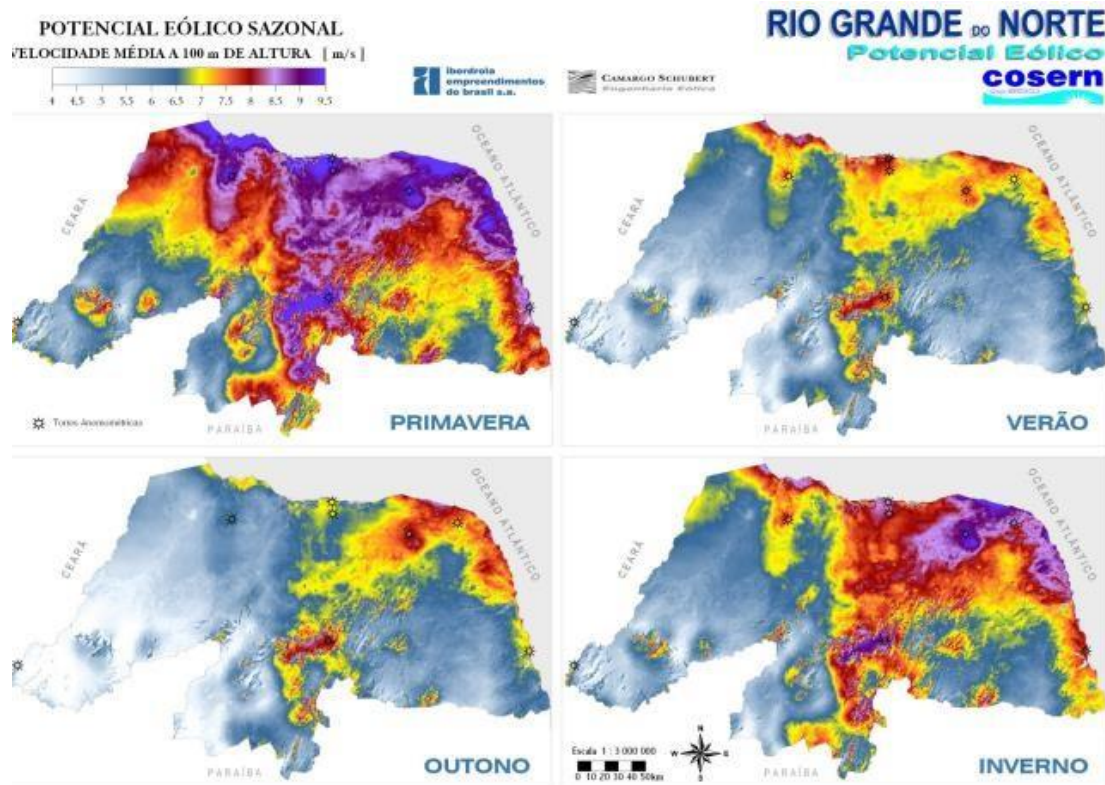
Fonte: Cosern Neoenergia, 2003.

Figura 3 – Potencial eólico e velocidade dos ventos à 75m de altura



Fonte: Cosern Neoenergia, 2003.

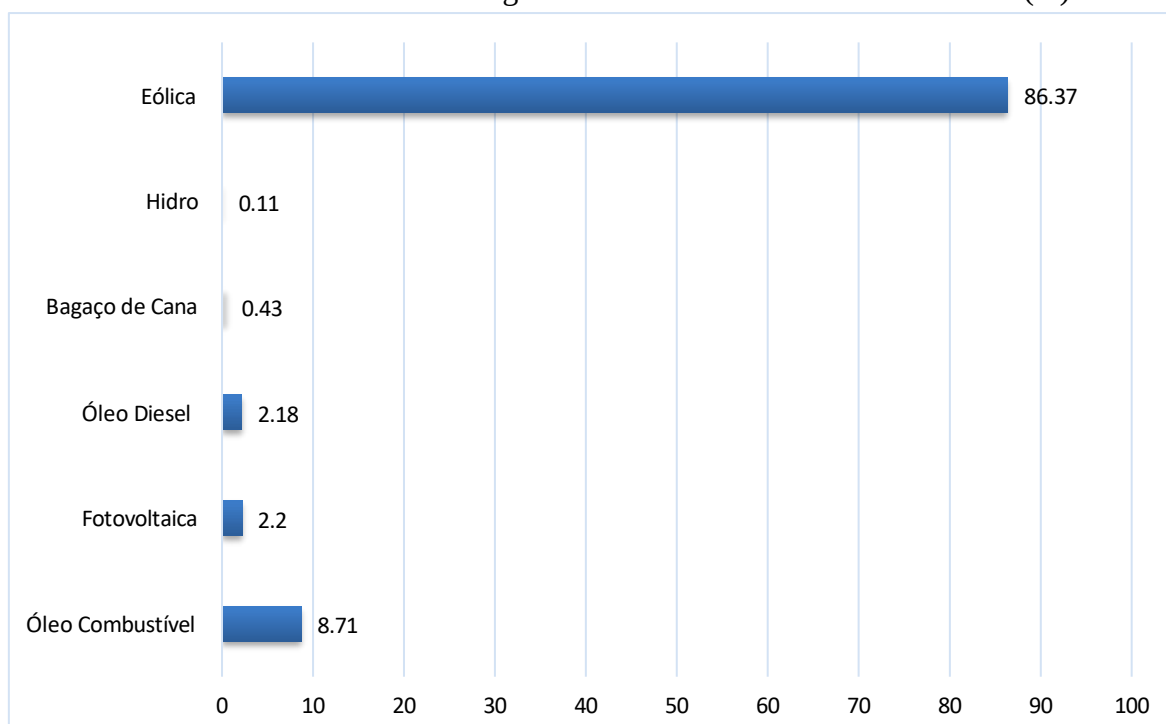
Figura 4 – Potencial eólico e velocidade dos ventos à 100m de altura



Fonte: Cosern Neoenergia, 2003.

Nas figuras 2, 3 e 4 é possível perceber a relatividade do vento citada acima para a geração de energia eólica no RN. Analisando as estações do ano, é perceptível a intensidade na primavera e no inverno (estações que ocorrem de setembro a dezembro e de junho a setembro respectivamente), e analisando a altura, é evidente que quanto mais altas forem as torres mais capacidade ela terá de produzir. Observando especialmente a figura 4, com torres de 100m de altura, constata-se que na primavera e no inverno o potencial eólico é abundante em quase todo o território norte riograndense, diferentemente do verão e outono, que mesmo com torres altas ainda possuem uma capacidade mediana.

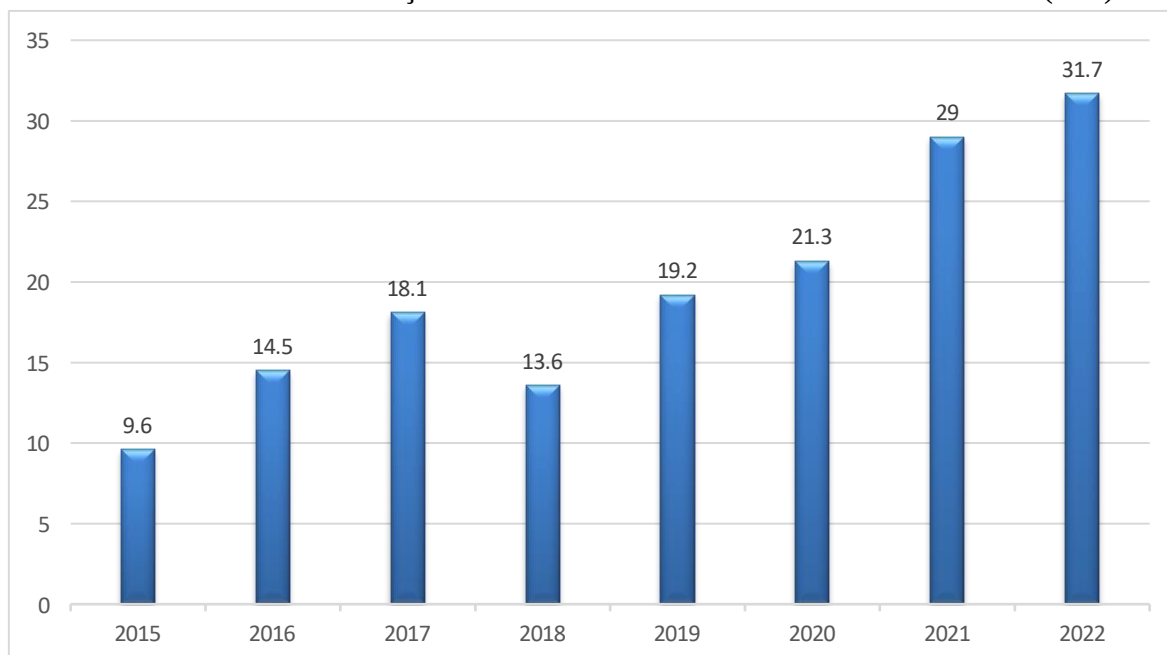
Gráfico 9 – Matriz energética do Rio Grande do Norte em 2021 (%)



Fonte: Rodrigues, 2023.

Ao observar o gráfico 9 é possível analisar que a matriz energética do estado é diversificada, dando espaço para uma variedade de fontes. No entanto, apesar da quantidade de fontes, o foco maior do estado é a geração através da eólica, sendo notório a discrepância de produção entre as fontes, com a eólica fornecendo cerca de 86,37% em 2021 de acordo com Rodrigues (2023). O autor salienta alguns municípios que ganham destaque na implementação de usinas eólicas, com grande capacidade e potencialidade para gerar eletricidade, sendo eles Areia Branca, Porto do Mangue, Serra do Mel e João Câmara, sendo o último o mais indicado pelos empreendedores.

Gráfico 10 – Evolução da eólica no Rio Grande do Norte 2015-2022 (GW)



Fonte: Boletins Anuais, ABEEólica.

Ainda na fase de teste, o RN já demonstrava sinais de que seria um dos estados líderes na geração de energia eólica, pois possui condições climáticas favoráveis e uma topografia oportuna para gerar eletricidade através dos ventos. A capacidade eólica do estado tem crescido consideravelmente, sendo estimulada pelos incentivos governamentais, as políticas de sustentabilidade e os investimentos privados, sendo instalados diversos parques eólicos e resultando na evolução observada no gráfico 10.

4. CONTRIBUIÇÃO DO NORDESTE E DO RIO GRANDE DO NORTE NA MATRIZ ENERGÉTICA

Pensando na redução da quantidade de emissões de gases de efeito estufa e na segurança energética de uma sociedade é que se diversifica a matriz energética com fontes renováveis de energia. Nesse contexto, o Brasil tem se empenhado na implementação da fonte eólica em sua matriz, tendo como principais produtores a região Nordeste e o estado do Rio Grande do Norte. Em 2022, segundo a ABEEólica, o Brasil gerou 78,08 TWh de energia eólica, tendo o Nordeste beirado a geração total do país com 70,48 TWh batendo a marca de 90,3% de representatividade, e o RN, dividindo a produção total com outros 11 estados brasileiros, produziu o equivalente a 29,7% da produção total com 23,20 TWh gerados.

Na tabela 2, é possível observar cada região e analisar sua representatividade na geração de energia eólica. Ao examinar, fica evidente o tamanho da discrepância entre a produção nas regiões, com o Nordeste produzindo 90,3% da capacidade total, o Norte produzindo 2%, o Sudeste com apenas 0,1% de representatividade, e o Sul com 7,6%.

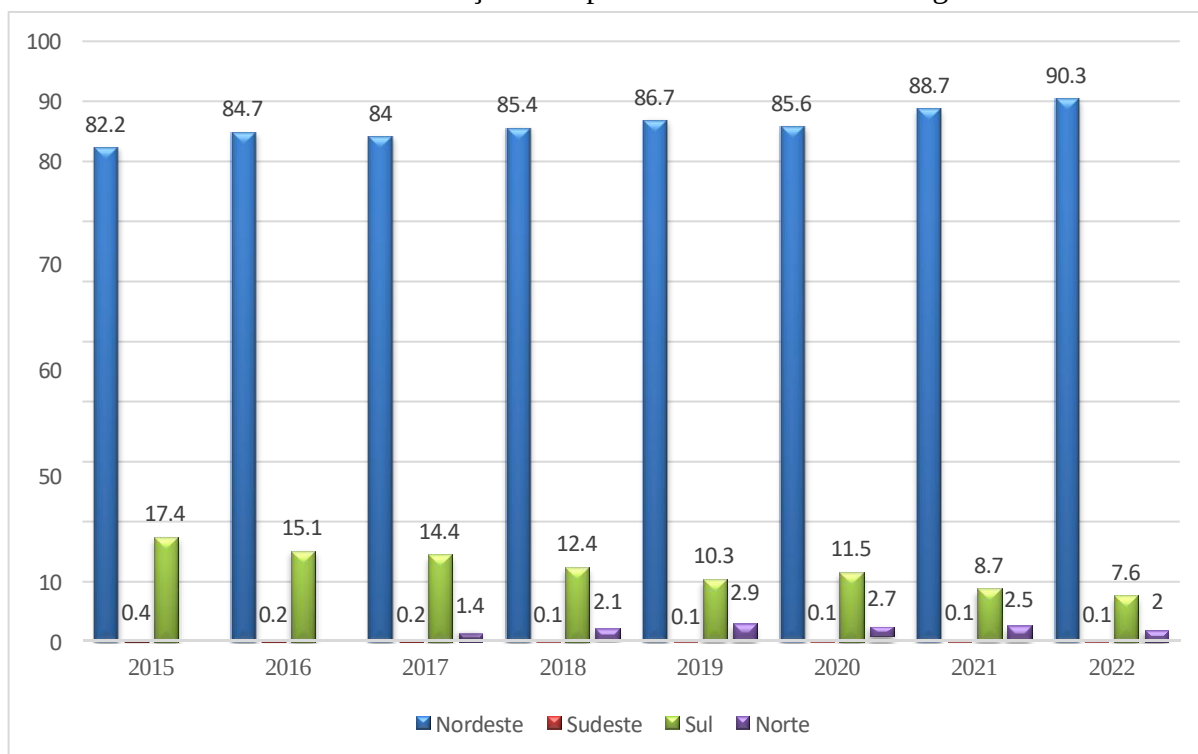
Tabela 2 – Capacidade eólica de cada região em 2022

Região	Geração (TWh)	Representatividade	Crescimento
Nordeste	70,48	90,3%	12%
Norte	1,59	2%	-10%
Sudeste	0,06	0,1%	16%
Sul	5,95	7,6%	-4%
Total	78,08	100%	9,6%

Fonte: Boletim Anual ABEEólica, 2022.

O gráfico 11 mostra a evolução da representatividade de cada região na produção total, nota-se que a fonte eólica sempre foi bem representada pela região Nordeste, com uma diferença gigantesca comparada as outras regiões. A região Norte começou a produzir a partir de 2017, mas não é a que menos produz atualmente, esse título é dado para a região Sudeste, que de acordo com a ABEEólica, de 2015 a 2022 ficou entre 0,1 e 0,4% de representatividade. A região Sul possui uma boa representatividade, mas é possível notar que foi diminuindo com o passar dos anos.

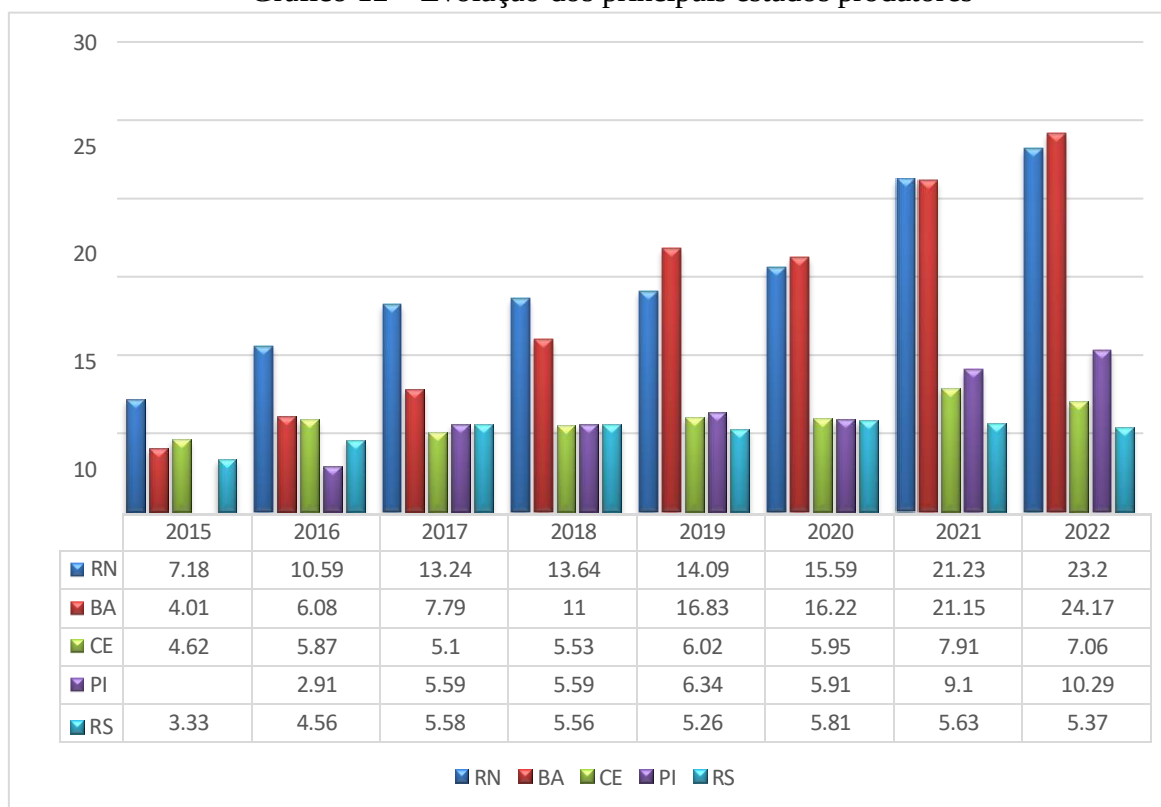
Gráfico 11 – Evolução da representatividade de cada região



Fonte: Boletins Anuais, ABEEólica.

O Brasil possui 12 estados produtores de energia eólica, o gráfico 12 destaca os 5 que mais produziram entre 2015 e 2022. Depois de uma breve análise, fica claro que o RN é o estado que mais tem contribuído para o grande avanço que o país está tendo nesse setor, tendo ganhado 5 dos 8 anos analisados o título de estado que mais produziu. De acordo com Macedo (2023), a representatividade do RN em 2023 chegou a 32,4%. No entanto, o estado da Bahia tem se tornando um *player* ao lado do RN na geração de energia eólica no Brasil.

Gráfico 12 – Evolução dos principais estados produtores



Fonte: Boletins Anuais, ABEEólica.

Portanto, observando os dados, conclui-se que o Nordeste e o Rio Grande do Norte são os principais contribuidores da diversificação da matriz energética brasileira. Favorecendo a sustentabilidade do país, a economia local, e elevando a reputação do Brasil, que graças ao Nordeste está no top 10 dos maiores produtores de energia eólica do mundo, de acordo com a ABEEólica.

5. DESAFIOS DA IMPLANTAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA

Gerar energia renovável é uma necessidade mundial, e muitos países têm se comprometido a isso. Nessa perspectiva, a eólica se destaca como uma das energias mais propícias para tal objetivo. No entanto, a implementação das usinas eólicas pode trazer também impactos negativos para o meio ambiente, de maneira que sua produção eficiente e o desenvolvimento sustentável também estão ligados ao planejamento do empreendimento eólico.

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

Sena (2023) destaca que apesar de haver efeitos positivos, toda e qualquer mudança provocada na natureza gera um desequilíbrio e afeta a relação natural de toda uma cadeia biótica. O autor estabelece alguns impactos negativos, como a alteração na paisagem local, a supressão de vegetação, a fuga ou extinção da fauna, o desaparecimento do habitat natural de algumas espécies, os ruídos e as vibrações que atingem as áreas ao redor dos parques. Os efeitos positivos estão mais relacionados a efeitos socioeconômicos, gerando empregos, arrecadando impostos, investindo na região e contribuindo para deixar a matriz brasileira cada vez mais limpa.

Comforme Pinto (2019), o desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, resultando em turbinas modernas e equipadas, tem contribuído diretamente na redução de ruídos, e salienta que uma outra opção viável é a instalação de turbinas em locais não habitados. Ainda de acordo com o autor, no que se refere a danos na fauna (principalmente nas aves), é ressaltado que uma maneira viável seria estabelecer um programa de monitoramento contínuo e a realização de uma avaliação minuciosa no local antes da instalação, evitando uma grande quantidade de aerogeradores em ambientes com rotas migratórias e espécies sensíveis.

Para superar esses desafios se faz necessário estudos sobre a energia eólica, sendo crucial para o avanço da tecnologia. Portanto, as inovações tecnológica contribuem para tornar a fonte eólica cada vez mais sustentável e promove a redução de impactos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo entender a importância da energia eólica na matriz energética do Brasil, identificando o papel crucial do Nordeste e do Rio Grande do Norte como principais geradores de eletricidade através dos ventos, a pesquisa fez uma análise na evolução da fonte no âmbito nacional, regional e estadual.

Foi visto que no mundo um maior interesse na fonte eólica surgiu quando houve a crise do petróleo em 1970. É importante destacar que a urgência mundial na implementação de fontes renováveis, como a eólica, se dá devido as mudanças climáticas, essas fontes têm um papel positivo e essencial tanto no clima quanto na segurança energética, minimizando o impacto das atividades humanas.

Apesar das energias não renováveis ainda ocuparem um espaço gigantesco na matriz energética mundial, o uso da eólica vem crescendo significativamente ao longo dos anos, evidenciando que a população mundial está cada vez mais preocupada em mitigar impactos ambientais negativos.

O interesse do Brasil na fonte eólica surgiu na década de 70, com testes que indicava a região Nordeste como a mais viável para gerar eletricidade através da eólica. Logo, em 1992 foi instalado no arquipélago de Fernando de Noronha a primeira turbina do país, sendo pioneira também na América do Sul. No entanto, o desenvolvimento veio de fato somente em 2001, com a crise energética. Em decorrência da crise o governo investiu em programas de incentivos, criando em 2002 o PROINFA. Graças ao PROINFA, o Brasil conseguiu diversificar sua matriz, gerou diversos empregos e proporcionou a redução de emissões de gases de efeito estufa. A partir de 2009 o crescimento da eólica no país foi significativo.

Sendo comercializada no Brasil através de leilões de compra e venda, foi visto que a fonte eólica foi capaz de se desenvolver três vezes mais rápida graças aos leilões. É importante destacar que o interesse maior entre os comercializadores está no Nordeste, região onde a maioria dos projetos são aprovados.

Referente à matriz energética brasileira, foi entendido que quase metade dela é composta por fontes renováveis de energia, se apresentando bastante diversificada. A matriz elétrica do país supera a energética, com mais da metade composta por fontes renováveis, sendo a eólica a segunda maior com 14% de representatividade.

O Brasil apresenta um território favorável para gerar energia eólica, principalmente na região Nordeste do país, embora muito já tenha sido utilizado, ainda existem áreas que podem possibilitar a expansão dessa fonte. Porém, o cenário está sob uma perspectiva otimista, com

expansão progressiva.

O trabalho evidenciou a complementariedade entre eólica e hídrica, cobrindo uma a deficiência da outra, contribuindo inclusive para a preservação dos reservatórios do país em momentos de estiagem.

Para o âmbito regional, foi possível concluir que o Nordeste é a região mais propícia para essa fonte, contendo fatores fundamentais para gerar eletricidade em grande escala. Essa é a região que mais gera através da eólica no Brasil, chegando em 2024 na marca de 9,6 GW de potência instalada. No entanto, a quantidade de parques implementados gera impacto negativo para a região, pois toda e qualquer mudança provocada na natureza causa um desequilíbrio. O Nordeste sofre com alterações na paisagem, com fuga ou extinção da fauna, a destruição do habitat de algumas espécies, os ruídos que afetam a população, entre outros impactos que devem ser analisados e pensado em maneiras para mitiga-los, na tentativa de resultar somente nos benefícios.

Analisando o âmbito estadual, a pesquisa aponta o RN como sendo o estado com os melhores ventos do Brasil, chegando a ultrapassar 7,5 m/s em alguns períodos do ano e sendo o estado que mais contribui para a geração de energia eólica do país. O estado possui uma deficiência nos períodos do verão e outono, ressarcindo a produção na primavera e no inverno. A evolução do estado é notável, sendo encorajada pelos incentivos governamentais, políticas de sustentabilidade e investimentos privados. Assim, o estudo apresentou os motivos para o Nordeste e o Rio Grande do Norte serem os maiores contribuidores na geração de energia eólica do país.

REFERÊNCIAS

ABEEólica. Boletim Anual 2020. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/PT_Boletim-Anual-de-Geracao_2020.pdf Acesso em: 8 de janeiro de 2024.

ABEEólica. Boletim Anual 2021. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/07/ABEEOLICA_BOLETIMANUAL-2021_PORT.pdf. Acesso em: 8 de janeiro de 2024.

ABEEólica. Boletim Anual 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2024.

ABEEólica. Boletim Anual 2017. Disponível em: https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/03/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2017_FINAL.pdf. Acesso em: 8 de janeiro de 2024.

ABEEólica. Ranking Mundial de Capacidade Eólica Instalada Onshore em 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/>. Acesso em: 8 de janeiro de 2024.

ABREU, M. C. S. D. *et al.* Fatores determinantes para o avanço da energia eólica no Estado do Ceará frente aos desafios das mudanças climáticas. **REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, 20, 274-304, 2014.

ALVES, J. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, p. 165-188, 2010.

BEZERRA, F. D. Energia eólica no Nordeste. **BNB**, v. 4, n. 66, fev. 2019. (Caderno Setorial Etene)

BEZERRA, F. D. Indústria: Energia Eólica. **BNB**, v 8, n. 288, maio. 2023 (Caderno Setorial Etene)

BEZERRA, F. D.; SANTOS, L. S. D. Potencialidades de energia eólica no Nordeste. **BNB**, v. 2, n. 5, maio. 2017. (Caderno Setorial Etene)

BIGÃO, G. N. O estudo da energia eólica no Brasil. **Revista Educação**, v. 8, n. 2, 2013.

CAMPOS, A. F.; De SOUZA, V. H. A. Políticas Públicas e a Expansão da Energia Eólica no Brasil. 2016.

CECHIN, K. G. **Os impactos da crise energética de 2001 e seus reflexos em usos alternativos de energia: uma revisão Bibliográfica**. 2017. 43 f. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Gestão Ambiental). Universidade Federal do Pampa. Campus São Gabriel. São Gabriel. 2017.

CIVITARESE, C. H. Avaliação de impacto do leilão específico para contratação de energia eólica: uma análise utilizando método de controle sintético. **Brazilian Journal of Business**, v. 4, n. 2, p. 689-708, 2022.

COSTA, S. B.; QUINTAIROS, P. C. R. Os Leilões de Energia no Brasil, 2012.

CORREIA, T. B.; MELO, E.; DA COSTA, A. Análise e avaliação teórica dos leilões de compra de energia elétrica proveniente de empreendimentos existentes no Brasil. **Revista Economia**, v. 7, n. 3, p. 98-119, 2006.

CUNHA, E. *et al.* Aspectos históricos da energia eólica no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 2, p. 689- 697, 2019.

DA SILVA, S. S. F.; ALVES, A. C.; RAMALHO, A. M. C. Energia eólica e complementaridade energética: estratégia e desafio para o desenvolvimento sustentável na região nordeste do Brasil. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 19, n. 3, p. 53-72, 2020.

DE MACEDO, L. D. O estado da arte da geração de energia eólica no mundo: apresentação e discussão. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, [S. l.], v. 13, n. 21, 2017.

DE MEDEIROS, S. S. et al. Energia eólica: um estudo sobre a percepção ambiental no

município de currais novos/rn. **HOLOS**, v. 3, p. 83-103, 2009.

ENERGÉTICA, E. de P. Matriz Energética e Elétrica. **ABC de Energia**, v. 19, n. 01, 2019.

LEITÃO, R. A. de O. **Uma análise do desenvolvimento da energia eólica no mundo, no Brasil e seu cenário atual no estado do Ceará**. 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

LOPES, L. V. **Políticas de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica no Brasil**. 2011. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Economia/Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MACEDO, L. D.; DE OLIVEIRA MELO, E. A.; DO NASCIMENTO SILVA, E. Panorama da Geração de Energia Eólica onshore no País: O Caso do Rio Grande do Norte. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 12, n. 1, p. 91-107, 2023.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, 2008.

MELO, E. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. **Estudos avançados**, v. 27, p. 125-142, 2013.

AGRA NETO, J. **Identificação das políticas de incentivo ao desenvolvimento da energia eólica no Rio Grande do Norte (RN)**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PÊGO FILHO, B. *et al.* (2001). Impactos fiscais da crise de energia elétrica: 2001 e 2002.

PEREIRA, D. S.; NETO, R. S. Diversificação de fontes geradoras da matriz elétrica brasileira: uma revisão sistemática. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 3, n. 1, 2021

PINHAS, M. A. M. *et al.* **Análise técnica de aerogeradores**. 2023. Trabalho de conclusão de curso - (Curso Técnico em Eletrotécnica) Escola Técnica Philadelpho Gouvêa Netto, São José do Rio Preto.

PINTO, R. J.; DOS SANTOS, V. M. L. Energia eólica no Brasil: Evolução, desafios e perspectivas. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 10, n. 1, p. 124-142, 2019.

RODRIGUES, F. L.; DE LUCENA FIGUEIREDO, J. T. Avaliação dos impactos da implantação dos parques eólicos sobre a renda dos municípios potiguares / Assessment of the impacts of the implementation of the wind farms on the income of potiguar municipalities. **Informe GEPEC**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 93–120, 2023. DOI: 10.48075/igepec.v27i2.30902.

SALINO P. J. Energia eólica no Brasil: uma comparação do PROINFA e dos novos leilões. 2011.

SENA, P. F. F. de. **Avaliação ambiental da implantação de parques eólicos no Estado Ceará**. 2023. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SILVA, J. A. (2023). Energia Eólica no Brasil: Avanços e Desafios. **Princípios**, 42(167), 179 - 202.

SOUZA, M.; SILVA, M.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, v. 8, n. 1, p. 102-6, 2010.

TRALDI, M. **Novos usos do território no semiárido nordestino: implantação de parques eólicos e valorização seletiva nos municípios de Caetité (BA) e João Câmara (RN)**. 2014. Tese de Doutorado. [sn]