

A ENERGIA EÓLICA COMO FONTE DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE NO BRASIL

João Vitor Conceição¹

Luis Henrique Correia²

Rogério S. Mendes³

Resumo

A captação dos ventos é uma técnica antiga, conhecida a milhares de anos atrás, e ao longo do tempo veio sendo esquecida pela humanidade devido aos avanços tecnológicos das revoluções industriais. Paralelo a isso, esses avanços trouxeram seus prós, mas também seus contras, e a ideia esquecida lá atrás veio à tona por diversas necessidades. Acompanhadas de técnicas inovadoras, a geração de energia eólica tem se mostrado cada vez mais uma fonte confiável, eficiente e sustentável, além da sua versatilidade, podendo ser explorada não só em terra firme. Diversos estudos e pesquisas mostram o grande potencial energético eólico, destacando seu constante crescimento junto à grande participação do Brasil nessa atividade que vem ganhando destaque ano após ano.

Palavras-Chave: Energia Eólica. Geração Onshore. Geração Offshore. Eficiência. Potencial Energético.

Abstract

Wind capture is an ancient technique, known thousands of years ago, and over time has been forgotten by humanity due to the technological advances of industrial revolutions. Parallel to this, these advances brought their pros, but also their cons, and the forgotten idea back then came to the fore for various needs. Accompanied by innovative techniques, wind power generation has been increasingly a reliable, efficient and sustainable source, in addition to its versatility, and can be exploited not only on dry land. Several studies and researches show the great potential of wind energy, highlighting its constant growth along with the great participation of Brazil in this activity that has been gaining prominence year after year.

Keywords: Wind Energy. Onshore Generation. Offshore Generation. Efficiency. Energy potential.

Introdução

O insumo que possibilitou todo o desenvolvimento da sociedade ao estágio em que ela se encontra hoje é a energia. No entanto, esta relação de dependência, sociedade-energia, traz grandes preocupações quanto ao futuro da humanidade (CEMIG, 2012).

Após as revoluções industriais que se iniciaram no século XVIII, novas fontes energéticas como o carvão, o petróleo, o gás e a energia nuclear, foram substituindo

¹Graduando em Engenharia Elétrica Unifacs – Universidade Salvador. E-mail: joaobaris@hotmail.com

²Graduando em Engenharia Elétrica Unifacs – Universidade Salvador. E-mail: luishenrique_correia12@hotmail.com

³Prof. Especialista do Departamento de Engenharia Elétrica Unifacs – Universidade Salvador. E-mail: rogerio.mendes@animaeducacao.com.br

as fontes tradicionais e são muito utilizados até os dias de hoje, resultando em diversos problemas para a sociedade.

Com isso, sabe-se que atualmente a geração de energia no mundo ainda é fortemente sustentada por fontes não renováveis como carvão e petróleo, segundo relatório realizado pela IEA (Agência Internacional de Energia) em 2020, o petróleo continua sendo a maior fonte de energia utilizada no mundo, logo atrás vem o carvão e o gás natural. Esses tipos de fontes de energia trouxeram uma série de problemas para a sociedade, como a grande emissão de gases do efeito estufa, a escassez desses recursos naturais, as águas superficiais que se tornaram cada vez mais inadequadas ao consumo humano, além dos elevados níveis de poluentes no ar que atingiram valores prejudiciais à saúde da população em muitas cidades.

A partir da década de 70 e da assinatura do Protocolo de Quioto (acordo mundial promovido pelas nações unidas que elaboraram metas aos países, principalmente os mais desenvolvidos, para a diminuição da emissão de gases do efeito estufa) em 1997, iniciou-se um processo de ressurgimento das energias renováveis como alternativa de suprir as necessidades econômicas e, em paralelo a isso, gerar menos impactos ambientais. Para solucionar esse problema, tornou-se prioridade a busca por fontes de energias limpas e com uma grande viabilidade técnica-econômica, fontes energéticas eficientes e viáveis economicamente, que reduzissem a dependência da importação de combustíveis e trouxessem resultados significativos para o processo de manutenção do ecossistema. Devido esses aspectos, as fontes de energia renováveis surgiram como a grande solução para a demanda energética mundial.

Consideradas inesgotáveis, as fontes de energia renováveis são conhecidas por produzir pouco ou nenhum resíduo poluente, e por serem mais sustentáveis, principalmente em casos de crise. As fontes de energia limpas mais conhecidas são a hídrica, biomassa, solar (fotovoltaica), e a eólica, uma fonte de energia totalmente limpa, proveniente da força dos ventos, e mesmo sendo uma técnica antiga, atualmente vem ganhando cada vez mais espaço tanto no cenário brasileiro quanto no cenário mundial.

Tantas diferenças são sintomas da já puída saia justa: o objetivo de se chegar a um sistema energético global de baixa emissão de carbono continua a ser uma

miragem, mesmo depois de duas décadas de políticas climáticas, milhares de programas, iniciativas, regulações, estímulos mercadológicos e desembolso de centenas de bilhões de dólares em subsídios, fundos, esforços de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, ajudas externas, etc (VEIGA, 2017).

A necessidade de assegurar a diversidade e segurança no fornecimento de energia e, por outro lado, a obrigação de proteger o ambiente, cuja degradação é acentuada pelo uso de combustíveis fósseis, motivaram o renovado interesse pelas renováveis (RUI CASTRO, 2009).

A partir disso, a energia eólica vem ganhando muita popularidade no mercado com um crescente investimento nessa área, por ser uma fonte de energia abundante em diversas áreas do país e com um potencial elétrico imensurável. Segundo estudo Roadmap eólica Offshore Brasil, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o potencial eólico marítimo do Brasil seria de 697 GW em locais com profundidade até 50 m.

No Brasil, segundo o Atlas da Eficiência Energética, o consumo de energia renovável corresponde a 40% da matriz energética do país, e a principal fonte utilizada é a hidrelétrica, mas recentemente o país sofreu com um período de menos quantidade de chuvas, desencadeando numa redução da oferta hidráulica, e na diminuição da participação dessa matriz na geração de energia. Esse momento foi propício para outras fontes de energia aparecessem com mais força no mercado, com a matriz eólica sendo uma das que mais cresceram. A partir de 2015, o crescimento da energia eólica colaborou para o crescimento da produção energética limpa no país, chegando a 48% em 2020.

Dessa forma, o presente trabalho busca mostrar o grande potencial da produção de energia eólica, destacando a importância de ser uma energia viável tanto no aspecto técnico quanto no aspecto econômico e ambiental, apresentando seus resultados em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil, onde vem conquistando cada vez mais seu espaço.

O objetivo geral desse trabalho é apresentar a energia eólica, principalmente no Brasil, analisar suas características, resultados e seus benefícios técnicos, além de discutir seus pontos negativos.

Para que ele seja alcançado com sucesso, é de extrema importância analisar as características da energia eólica do Brasil, como e onde pode ser implantado esse modelo de geração de energia, e quais são as causas e consequências de seus benefícios e malefícios.

Informações Gerais

Segundo Ben Backwell, CEO da Global Wind Energy Council (2023) “Os próximos anos marcarão um período de transição crucial para a indústria eólica mundial. Mais tarde, a energia eólica atingirá o marco histórico de 1 TW de capacidade instalada. Isso nos levou cerca de 40 anos para chegar aqui, no entanto, o próximo TW levará menos de uma década [...] Eles são os consequência da crescente urgência na luta contra o perigoso aquecimento global; alta prolongada preços dos combustíveis fósseis e o impacto da dependência de combustível fóssil na segurança, e o sucesso da nossa indústria aumentando e estabelecendo o vento como um dos custos mais competitivos e fontes de energia confiáveis no mundo.”

Sabe-se que a nível mundial, a matriz elétrica é fortemente marcada por fontes não renováveis (carvão, gás natural e petróleo), mas no Brasil é muito diferente, felizmente a matriz elétrica do país é em sua maioria dominada por fontes renováveis de energia. O seu vasto território, com grandes diversidades climáticas, permite que seja um lugar propício a exploração de muitas fontes de energia diferentes. Atualmente, o Brasil se tornou um destaque na geração de energia elétrica limpa, cerca de 82% da sua geração é proveniente de usinas hidrelétricas, eólicas, solares, entre outras (BEN, 2022). Isso traz ao país menores custos de operação, diversos tipos de mercados de geração elétrica, além da diminuição da emissão de gases do efeito estufa, colaborando para o combate à degradação ao meio ambiente.

Com a iminência da crise hídrica que afeta o Brasil nos últimos anos, tornou-se necessário a busca por outras fontes renováveis de energia que somassem à energia hidrelétrica (fundamental fonte renovável do país, responsável por quase 60% da matriz elétrica do país), isso resultou em um aumento significativo principalmente na exploração da energia eólica, que se mostrou muito eficiente em diversas áreas do país, se tornando a segunda fonte de energia renovável mais utilizada.

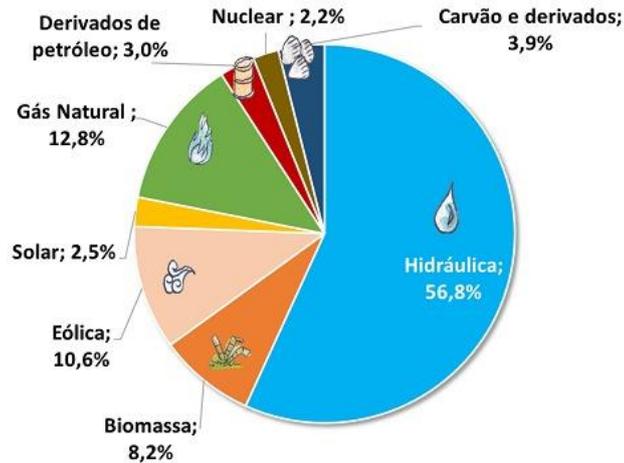


Figura 1 – Matriz Elétrica do Brasil.

(Balanço Energético Nacional, 2022)

Aspectos Históricos

Historicamente falando, os primeiros registros da geração de energia através da força dos ventos foram através de moinhos de vento, por volta de 200 A.C na Pérsia, onde eram utilizados para o bombeamento de água e moagem de grãos. Mesmo sendo um processo em seu estágio inicial e com baixa eficiência, os cata-ventos já substituíam o trabalho humano e animal para o desenvolvimento de atividades essenciais da época, com isso, essa técnica foi ganhando muita popularidade, se espalhando por muitos lugares e usados por muitos anos.

Na Europa, mais especificamente no período do feudalismo, os moinhos de vento tinham forte influência na economia agrícola da época, e foi se espalhando por países como Inglaterra, França, Espanha e Holanda.

A Holanda foi um país que se destacou bastante na utilização de moinhos, os moinhos tipo “holandês” tinham funções variadas, por exemplo, em terras que ficavam completamente cobertas pela água em boa parte do ano, os moinhos serviam para a drenagem dessa água. Eles também eram usados em serrarias para o corte de madeiras e na produção de óleos vegetais.

Com a revolução industrial, as máquinas a vapor foram substituindo os moinhos em diversas atividades, isso acarretou a diminuição da energia eólica em toda a Europa. Atualmente, podem ser encontrados alguns moinhos holandeses apenas para a sucção e bombeamento de água.



Figura 2 – Moinhos de vento holandeses

Fonte: aventurasnahistoria.uol.com.br

Devido à grande necessidade de buscar novas alternativas de fontes renováveis de energia, os cata-ventos começaram a ser aprimorados para a geração de eletricidade nos últimos anos. O industrial Charles F. Brush, por volta do século XIX, construiu na cidade de Cleveland, Estados Unidos, o primeiro cata-vento destinado à geração de energia, também conhecido como aerogerador, sua estrutura de 18 metros de altura era formada por uma roda principal, que tinha 144 pás e 17 metros de diâmetro, e fornecia 12kw de potência em corrente contínua para o carregamento de baterias e alimentação de 350 lâmpadas incandescentes. Após isso, na segunda guerra mundial, a criação de aerogeradores foi uma alternativa para economizar no uso de combustíveis durante o período.

Com o fim da segunda guerra, os preços dos combustíveis se normalizaram e voltaram a dominar o mercado energético mundial, assim, a construção de aerogeradores eram realizados apenas como instrumentos de pesquisa. O que a humanidade não esperava é que as fontes não renováveis iriam trazer impactos ambientais e econômicos anos depois. O Protocolo de Quioto impulsionou os avanços e investimentos em fontes limpas de energia e nesse processo, as hidrelétricas foram se tornando muito competitivas, posteriormente tudo isso foi abrindo espaço para as exploração de outras fontes renováveis, entre eles os estudos relacionados à energia dos ventos, antigamente já explorado, e reaparecendo mais uma vez para suprir às necessidades mundiais.

Formação dos ventos (ar)

Cientificamente, a formação e movimentação dos ventos advém da diferença de temperatura entre as áreas da terra, como: grandes massas de água e os continentes, planícies/planaltos e montanhas, do equador aos pólos (JUNIOR e DELGADO, 2014).

Diante dessas características, quando as temperaturas aumentam, as partículas de ar se mantêm mais distante umas das outras, conseqüentemente a sua densidade e pressão diminuem, essa variação de temperatura é responsável pela formação dos ventos (que transitam de zona de alta pressão para baixa pressão).



Figura 3: Movimentação global dos ventos

Fonte: <https://www.escolamz.com>

No processo de geração de energia eólica, será feito um mapeamento do potencial eólico da região em diferentes estações e horas do dia. Aspectos físicos do ambiente, como o relevo (locais com menor número de obstáculos para o vento), rugosidade e sua velocidade, são elementos de grande influência, tanto na frequência quanto na distribuição dos ventos. Avaliar o potencial eólico de uma região é essencial e a primeira etapa da análise de recursos eólicos, características como a área de instalação, análise de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão, também são aspectos que precisam ser estudados para o máximo aproveitamento eólico da região específica.

A energia eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Uma estimativa da energia

total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que, aproximadamente, 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos (CRESESB, 2008).

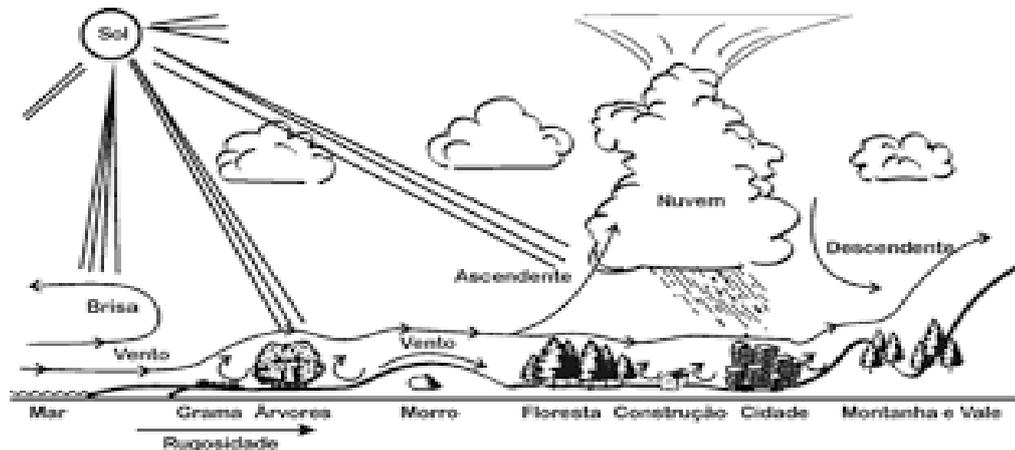


Figura 4: Comportamento dos ventos sob a influência das características do terreno
(Fonte: Atlas Eólica do Brasil, 1998)

Geração Mundial

As usinas eólicas em sua maioria estão localizadas em terra firme, conhecidas como Geração Eólica Onshore, mas atualmente estudos mostram que o mar também é um local com um grande potencial de geração, essa técnica chamada de Offshore pode ser três vezes maior que o potencial em solo, isso porque, nos mares os ventos são mais constantes e enfrentam menos obstáculos (montanhas, prédios, entre outros), que reduzem sua velocidade, o objetivo dessa migração também está relacionado aos problemas sonoros que são causados aos moradores próximos aos parques. No Brasil ainda não temos esse tipo de geração, mas é algo que deve ser desenvolvido nos próximos anos, principalmente por ser um país que possui um litoral extenso, propício para essa prática. Mesmo atuando apenas em geração Onshore, o Brasil é referência em geração de energia eólica em todo o mundo.

Potência Eólica Instalada Mundial

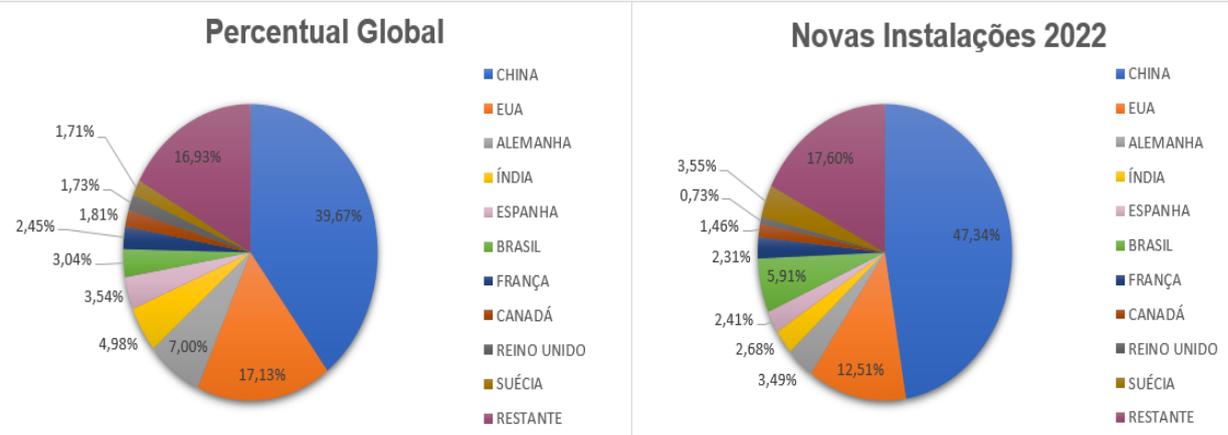
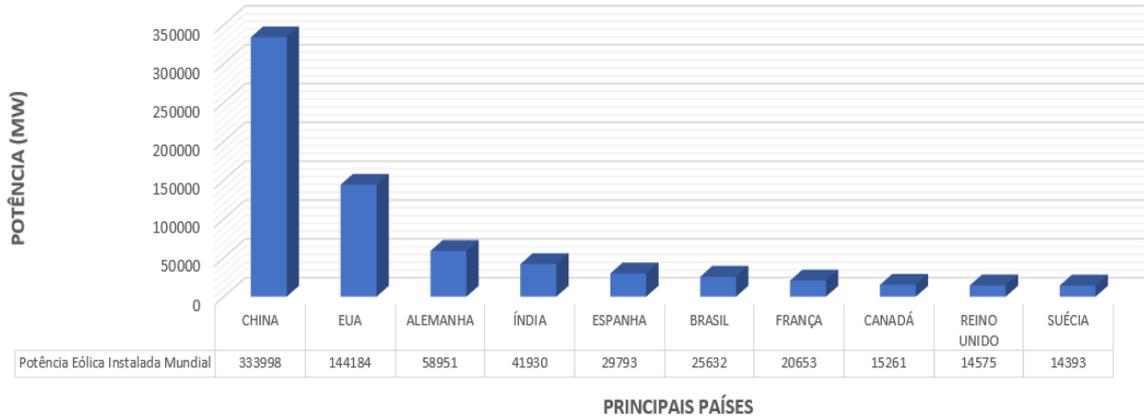


Figura 5: Potência Eólica Onshore Instalada.

Fonte: GWEC (GLOBAL WIND REPORT 2023)

Potencial Eólico Brasileiro

Segundo a pesquisa elaborada pelo GWEC (Conselho Global de Energia Eólica), o Brasil ocupa, em 2023 a sexta colocação no Ranking Mundial de Capacidade Instalada Onshore, e a terceira colocação em novas instalações eólicas.

É um país de grande extensão territorial (quinto maior do mundo e o maior da América Latina), devido a esses fatores, é um local que possui regiões com uma grande diversidade de climas, relevos e vegetações, fatores que influenciam na formação e velocidade dos ventos, consequentemente, interferem na capacidade de geração de energia. Como existem locais mais propícios para geração dessa energia, esses valores sofrem grandes variações de região para região. Atualmente, a geração eólica tem destaque majoritariamente no Nordeste e vem em crescimento também na região Sul.

Potencial Eólico Nordestino

Marcada por possuir ventos com características muito favoráveis, o Nordeste é a principal geradora de energia eólica, quase 85% dos parques eólicos do país estão situadas nessa região. Os índices de precipitação costumam ser muito baixos durante grande parte do ano, impossibilitando em várias épocas a produção de energia hidrelétrica, devido esse problema, a alternativa foi os investimentos nos fortes ventos presentes na região, se tornando assim, líder nacional nesse tipo de geração.

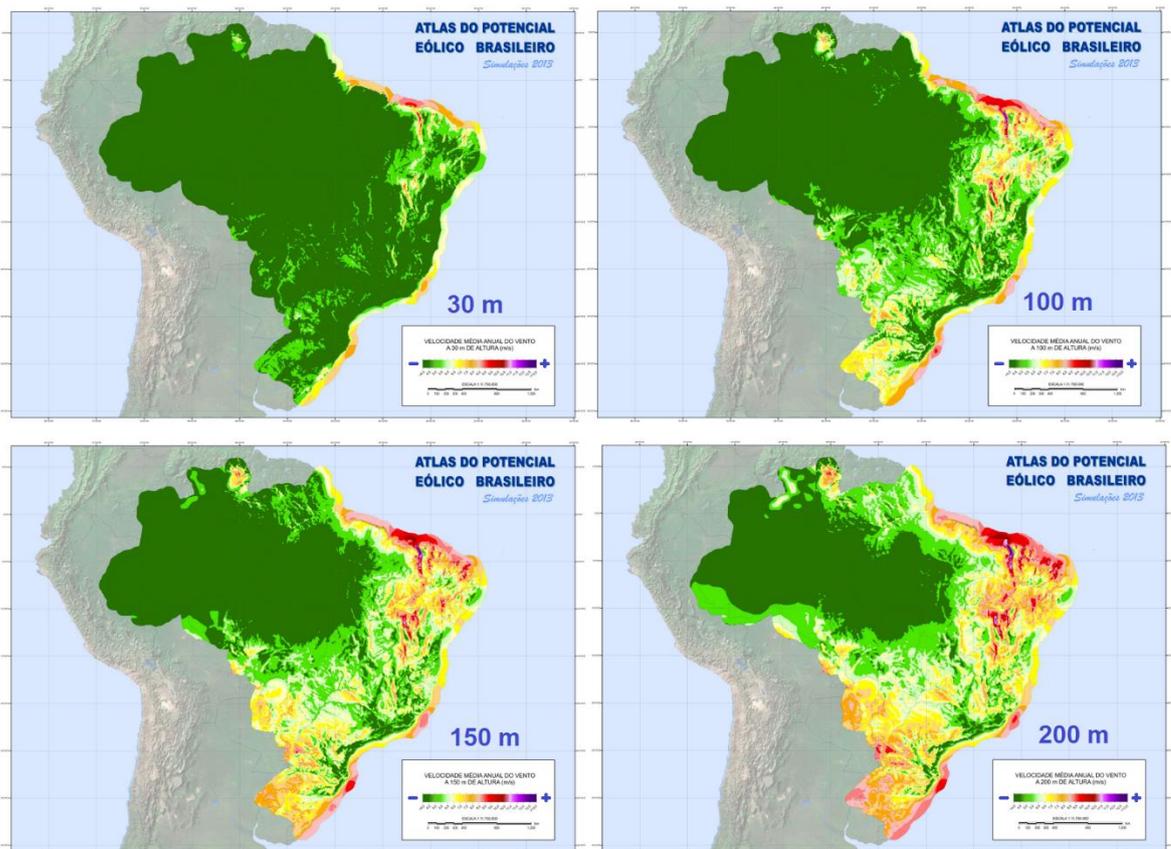


Figura 6: Velocidade média dos ventos Brasileiros.

Fonte: Cepel – Atlas Eólico Brasileiro.

Simulações realizadas pela Cepel (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) em 2013 mostram que a velocidade dos ventos nordestinos conseguem ser muito maiores que as demais regiões em variados níveis de altitude. Nesse estudo ainda é notório os principais locais favoráveis a geração, como o aumento da altitude influencia diretamente na velocidade dos ventos, sem falar no grande potencial de geração Offshore no país, alternativa que já atraiu o interesse de diversos investidores e deve ser novidade para os próximos anos.

O boletim anual de 2021 da ABEEOLICA mostra que o Nordeste produziu cerca de 63TWh neste ano, isso corresponde a 88,7% da produção nacional, um crescimento de 34% em relação ao ano de 2020. Os estados com mais destaques na geração são Rio grande do norte (21,23TWh), Bahia (21,15TWh), Piauí (9,10TWh) e Ceará (7,91TWh).

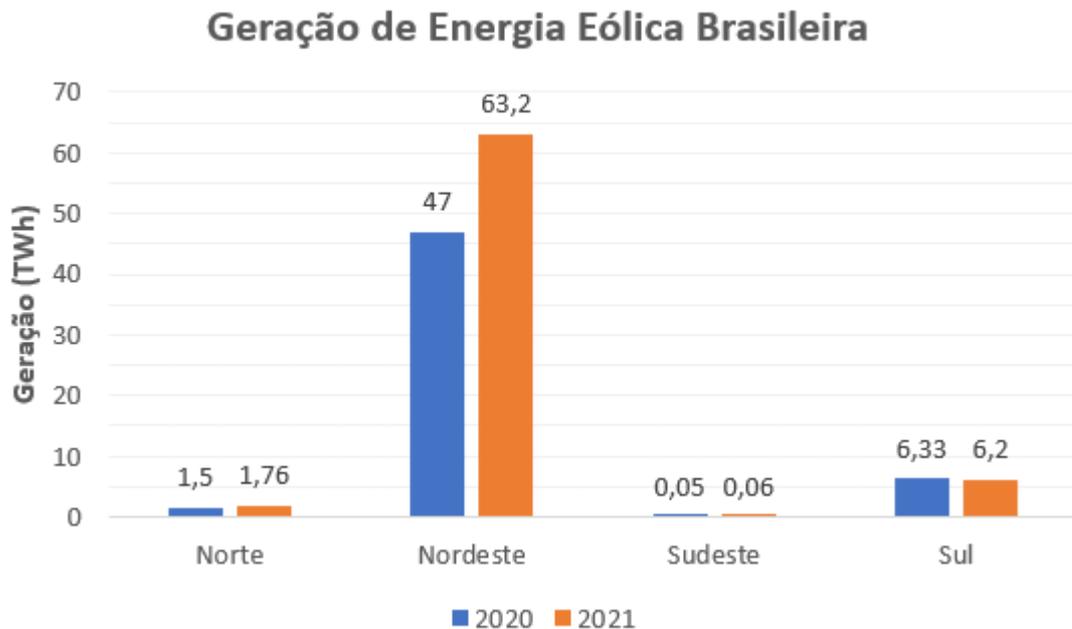


Figura 7: Geração Eólica do Brasil.

Fonte: ABEEólica: Boletim Anual 2021.

Relacionando as Figuras 6 e 7 é claro o motivo pelo qual o nordeste possui números exorbitantes em relação a outras regiões e como vem crescendo em larga escala durante os anos, até em baixas altitudes, existem lugares aptos para geração.

Numa relação antagônica, a região mais pobre do país oferta os ventos mais ricos para a produção de energia a partir dessa força motriz (Tribuna do Norte, 2018).

Estrutura e Funcionamento

A estrutura de um aerogerador é formada pela torre, as pás, o rotor, e pela nacele (compartimento localizado atrás do rotor onde estão os equipamentos responsáveis pela transformação de energia cinética em elétrica, entre eles o multiplicador e o gerador).

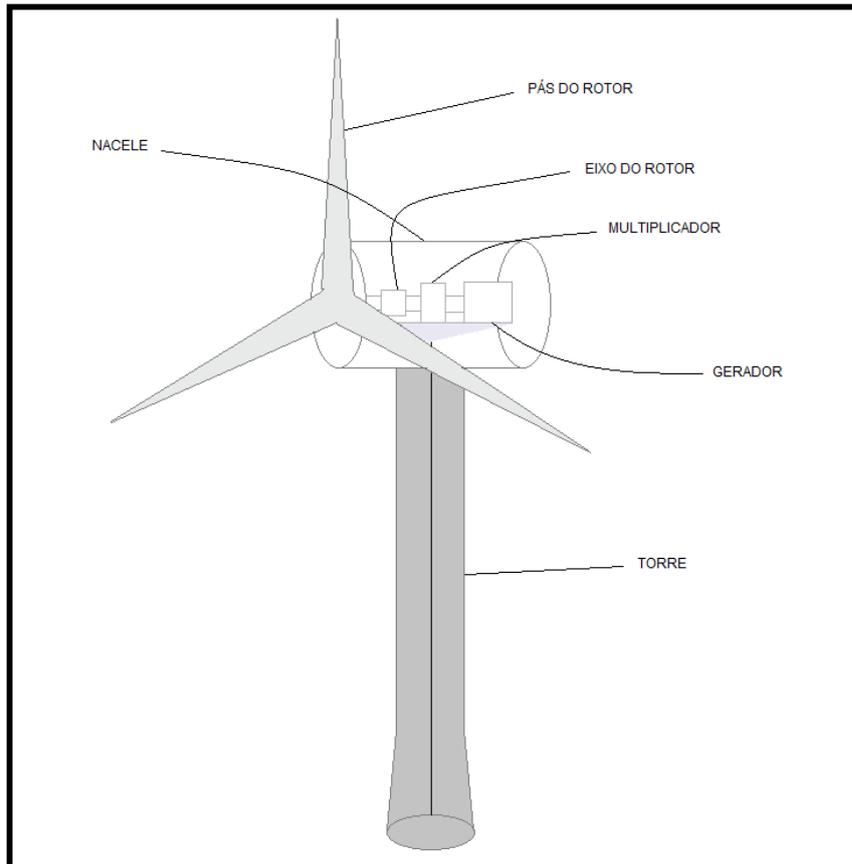


Figura 8: Principais elementos de um aerogerador.

(Imagem criada pelos autores)

Uma usina eólica, também chamado de parque eólico, é formada por uma área delimitada onde estão diversas aerogeradores (turbinas) agrupados. Eles funcionam como um ventilador, a diferença é que nos ventiladores utilizam a energia elétrica para a produção de ventos, nos aerogeradores, a ação dos ventos é utilizada para a geração de eletricidade.

O vento atinge as pás do rotor da turbina, fazendo com que elas girem através da energia cinética produzida pelos ventos (as pás do aerogerador são semelhantes a uma asa de um avião, trazendo melhor aerodinâmica e eficiência dos ventos), essa rotação é lenta, mas suficiente para que o eixo do rotor também entre em movimento, produzindo energia mecânica que passará pelo multiplicador. Nesse momento, a velocidade de rotação será aumentada para níveis possíveis para geração, por fim, a energia mecânica entra no gerador, transformando em eletricidade. As turbinas possuem outros equipamentos que auxiliam no seu funcionamento, como os freios, que serve para parar a produção de energia quando necessário, e a caixa de controle,

equipamento usado para monitorar o comportamento dos ventos e posicionar as pás, garantindo maior eficiência.

Vantagens

Além de ser uma energia renovável que apresenta impactos ambientais mínimos em relação as outras fontes energéticas, a geração eólica possui outras diversas vantagens que motivaram o seu constante crescimento nos últimos anos, dentre elas podemos destacar:

- Energia limpa e inesgotável: Geração de energia por meio dos ventos é um processo que não possui nenhum tipo de liberação de poluentes e resíduos radioativos, sua principal matéria de produção é totalmente natural e renovável, logo, colabora para a diminuição de gases de efeito estufa (GEE).
- Ambiente multifuncional: As áreas dos parques eólicos permitem que sejam utilizadas para atividades voltadas para agricultura e em alguns casos para a criação de animais.
- Grande potencial brasileiro: Como já foi salientado em diversas pesquisas, o Brasil é um local favorável para este tipo de geração de energia, reduzindo a utilização de combustível fósseis, podendo se tornar um grande exportador de energia limpa, conseqüentemente trazendo benefícios ambientais e econômicos para o país.
- Técnica Offshore: Caso os ventos na superfície não sejam suficientes para a geração, a exploração da energia eólica nos mares é uma alternativa viável e que vem trazendo resultados em diversos lugares do mundo, por ser uma área mais aberta e com menos obstáculos, os ventos marítimos possuem altas e constantes velocidades. Essa iniciativa deve ser tomada pelo Brasil nos próximos anos, visto que é um país de grande extensão litorânea.
- Mercado de Trabalho: A construção de parques eólicos gera empregos tanto na área de pesquisa e desenvolvimentos quanto na área industrial, na produção de equipamentos, aerogeradores e operações.
- Econômico: Não precisam de combustíveis para seu funcionamento e manutenções em média de 6 em 6 meses, além de ser um investimento de alta rentabilidade em relação a fontes energéticas tradicionais.

Desvantagens

Assim como qualquer outra técnica de geração, a exploração da energia eólica também apresenta seus malefícios, impactos que causam desconfianças em muitos países, e que de certa forma impedem seu crescimento ainda mais elevado. Suas principais desvantagens são:

- Energia intermitente: Por se tratar da movimentação dos ventos, é natural que em determinados períodos, as velocidades não serão favoráveis para a geração, por isso que os locais de instalação deve ser bem estudados e escolhidos, visando reduzir ao máximo os períodos improdutivos.
- Muito espaçoso: Na construção de um parque eólico é necessário grandes áreas de terra, pois, para evitar interferência entre os aerogeradores, é necessário que elas mantenham grandes distâncias uma das outras.
- Poluição visual: Por serem estruturas muito grandes, com cerca de 100 metros de altura, muitos definem os aerogeradores como objetos que destroem a paisagem dos locais, interferindo principalmente a paisagem natural dos campos. Mas também existem opiniões adversas que acreditam que os parques eólicos embelezam o local com seu significado e propósito. “Enquanto uns enxergam os parques eólicos como símbolo de prosperidade, de energia limpa e sustentável, outros enxergam com destruidores de paisagens” (ANA BARBOSA, 2008).
- Poluição Sonora: Pode ser considerado o principal problema referente à essa geração. Por se tratar de um processo mecânico, a movimentação das turbinas leva a produção de ruídos, que aumentam proporcionalmente com o aumento da sua velocidade. Com isso, os altos e constantes ruídos causam desconforto aos habitantes próximos, trazendo problemas de saúde para as pessoas, como estresse, ansiedade, depressão, problemas de audição, insônia, hipertensão, entre outros.
- Problemas para a fauna: Animais, principalmente as aves, são muito prejudicadas com os aerogeradores dos parques é comum acidentes onde pássaros se chocam com as hélices.

Analisando cada um dos aspectos, a geração eólica possui muitos problemas a resolver, mas suas vantagens são muito significativas para serem deixadas de lado, e com estudos futuros, suas técnicas vão sendo aprimoradas e resolvendo esses

problemas, a geração Offshore é um exemplo, que pode solucionar diversos problemas, pelo fato das instalações serem no mar, reduz a exploração de grandes áreas de terra, reduz os problemas associados aos animais (menos acidentes com pássaros), e tiram os parques das proximidades das casas, reduzindo uma série de problemas de saúde na população.

Considerações Finais

Os assuntos do presente trabalho são essenciais para entender a importância da exploração da energia eólica, saber como funciona o processo de formação de sua principal matéria prima (ventos) é o primeiro passo para entendermos o que provoca seu deslocamento e como eles atingem altas velocidades, são esses ventos que atingem as estruturas dos aerogeradores. Foi possível analisar cada componente que forma a estrutura de uma turbina eólica, a partir daí se torna mais fácil compreender seu funcionamento, e notar o quão limpa e sustentável ela é.

Foram abordados dados várias pesquisas e estudos tanto internacionais quanto nacionais ao longo dos anos, a partir disso, é notório que a utilização de energia eólica é uma alternativa muito viável para o abastecimento elétrico mundial, uma vez que passamos por momentos em que fontes como combustíveis fósseis estão trazendo inúmeros problemas socioambientais. A geração eólica vem se provando ao longo do tempo que pode ser uma fonte confiável, eficiente e sustentável.

Um grande exemplo da sua capacidade está no Brasil, mais precisamente na região do nordeste, local que rotineiramente é castigado pelos grandes e longos períodos de secas, inviabilizando a geração hídrica, a energia eólica passou a ser a principal válvula de escape, levando energia elétrica para a casa das pessoas mesmo nos momentos mais difíceis, por esses e outros motivos a região nordeste cresce anualmente em geração de energia.

Como qualquer outra técnica de geração, a eólica também aborda suas desvantagens, problemas que afetam principalmente as pessoas e animais vizinhos aos parques eólicos, mas são problemas que as usinas Offshore podem resolver, tirando os aerogeradores de perto das casas das pessoas e dos animais, e levando para lugares mais isolados, como os mares, essa movimentação garante ventos mais eficientes e melhores condições de vida.

Algumas dificuldades foram encontradas durante a elaboração do artigo, como verificar a veracidade dos fatos e dados e buscar informações de maneira mais atualizada possível.

Este artigo foi muito importante para o entendimento não só sobre o funcionamento da geração eólica, mas também ter uma visão geral de tudo que envolve o mercado de geração de energia e os fatores que determinam sua viabilidade em diferentes regiões, clima, vegetação, relevo, área, entre outros.

As expectativas futuras é que novas técnicas sejam desenvolvidas alternativas para a redução de problemas que a geração eólica causa, e criação de equipamentos visando a aumento da eficiência dos aerogeradores. Por fim, que no Brasil os investimentos e estudos para a construção de parques Offshore cresçam ainda mais, por se tratar de um país experiente no assunto e com uma costa enorme para ser estudada.

Referências

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias. ABEEólica: Boletim Anual 2021.

Agência Internacional de Energia - IEA (relatório de 2020).

Atlas da Eficiência Energética - IEA, Brasil 2021 (relatório de indicadores).

C. L. Barbosa, Ana. Avaliação Ambiental do Uso da Energia Eólica para Usuários de Pequeno Porte; 2008.

CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Alternativas energéticas: Uma visão da Cemig. Relatório Técnico. Belo Horizonte, 2012.

Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Cepel: Atlas Eólico Brasileiro: Simulações 2013.

COHEN, C. A. M. J. Padrões de consumo: desenvolvimento, meio ambiente e energia no Brasil. 2002. 224 p. Tese (Doutorado em Ciência em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

DUTRA, R. Energia eólica–princípios e tecnologia. Rio de Janeiro: CRESESB: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Britto, 2008.

EPALANGA, O. A. S. et al. Energia eólica-viabilidade técnica de projeto eólico na região de Urubici. 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Roadmap Eólica Offshore Brasil: Perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima; 2020.

GWEC – Global Wind Energy Council. GWEC: Global Wind Report 2023.

<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/um-nordeste-movido-pela-fora-a-dos-ventos/417813>

<https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/almanaque/os-antigos-moinhos-de-vento-holandeses-em-6-curiosidades.phtml>

- <https://energes.com.br/historia-da-energia-eolica/#:~:text=Surgimento%20da%20Energia%20E%C3%B3lica,mercadorias%20em%20barcos%20a%20vela>
- <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-brasil/2023/04/08/afetados-por-eolicas-discutem-danos-causados-as-comunidades.htm>
- <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115460/TCC%20Oteniel%20-%20Energia%20E%C3%B3lica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/entenda-como-funciona-a-energia-eolica-offshore-que-e-gerada-no-mar/>
- <https://www.escolamz.com/2020/07/circulacao-geral-da-atmosfera.html>
- <https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/meio-ambiente/Paginas/como-funciona-um-aerogerador.aspx#:~:text=Semelhante%20a%20um%20moinho%20de,energia%20mec%C3%A2nica%20em%20energia%20el%C3%A9trica.>
- <https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/meio-ambiente/Paginas/energia-eolica-ventos-do-nordeste.aspx#:~:text=No%20Nordeste%20do%20Brasil%2C%20as,523%20est%C3%A3o%20localizados%20nesta%20regi%C3%A3o.>
- <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>
- <https://www.scielo.br/j/ea/a/RTVwH7KyhtcgdPMGvDrCC3G/?lang=pt&format=pdf>
- JUNIOR, M.; DELGADO, F. Viabilidade técnica/econômica para produção de energia eólica, em grande escala, no nordeste brasileiro. 2014.
- M. G. Castro, Rui. Energias Renováveis e Produção Descentralizada. Introdução a Energia Eólica; 2009.
- Tavares, Estevão. Energia eólica [manuscrito]: viabilidade técnica e econômico-financeira / Estevão Tavares. - 2016.
- Veiga, José Eli da. Energia Eólica/José Eli da Veiga(organizador). São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2017.