

GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE E SUA RELAÇÃO FRENTE À GERAÇÃO ONSHORE

Marina Costa Rodrigues da Silva¹, Luciana Angélica da Silva Nunes²

Resumo: A geração de energia elétrica por meio da energia eólica, tem crescido muito em relação as demais, visto que é considerada um recurso de energia abundante, renovável, limpo e seguro. Apesar do Brasil apresentar um vasto litoral, e apresenta um grande potencial eólico, ainda não há parque eólicos *offshore*, e apenas usinas *onshore* atuam no país para gerar energia elétrica, além de outros meios convencionais. O presente trabalho tem como objetivo tornar mais conhecida, em específico, a geração de energia eólica *offshore*, tomar conhecimento das classificações dos aerogeradores, as formas de armazenamento da energia gerada, e mostrar por meio da física algumas formas de analisar a viabilidade da instalação de um parque *offshore*.

Palavras-chave: energia eólica; *offshore*; *onshore*; potência; energia.

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo, o homem vem se tornando cada vez mais dependente da energia para sua sobrevivência, desde a época da descoberta do fogo, utilizando desse meio de energia térmica para se aquecer, preparar alimentos e iluminar os locais que habitavam. Fazendo o uso da força dos animais, o homem também conseguiu fazer o uso da energia mecânica para transporte tanto de carga como para suas próprias movimentações. E conforme a tecnologia vai avançando, cada vez mais o homem precisa de fontes de energias para melhorar sua vida e conforto. Após a revolução Industrial, o consumo de combustíveis que antes era restrito apenas às atividades domésticas e de sobrevivência foi crescendo de forma exponencial até os dias atuais.

Já se sabe que as reservas de combustíveis fósseis são finitas, e em 2019, a utilização de fontes energéticas fósseis correspondia a aproximadamente 80% da energia consumida no mundo todo (ISTOÉ, 2021). Após o choque pela crise do petróleo, o Brasil começou a tomar algumas medidas para se tornar menos dependente dos combustíveis fósseis, e novas tecnologias que já estavam em desenvolvimento antes da crise, começaram a ganhar um destaque maior, e a partir daí, começou a investir na utilização dos ventos para gerar energia elétrica. O aproveitamento dos ventos para a geração de energia se dá através da conversão de energia cinética de translação em energia cinética de rotação, chamando a energia contida nas massas de ventos em energia eólica. Antes mesmo da Revolução Industrial, os ventos já eram utilizados para auxiliar no bombeamento de água e a moer grãos, através dos moinhos de vento. A energia eólica é considerada uma fonte de energia limpa, pois possui reduzidos danos ao meio ambiente, por isso, cada vez mais vem crescendo o seu uso para geração de eletricidade.

A energia eólica, a partir das fontes renováveis em 2018, foi responsável por produzir 17,8% da eletricidade em todo o mundo. O Brasil tem grande destaque por geração de energia a partir de fontes renováveis, porém, por enquanto, toda os parques eólicos são de usinas *onshore*, que são instalados em meio terrestre, apesar de já terem alguns projetos de usinas *offshore* (que levam esse nome por estarem em meio marítimo), para serem instalados no litoral brasileiro.

No ano de 2020, a empresa Equinor deu início ao licenciamento no IBAMA dos parques *offshore* Aracatu I e Aracatu II, e tem planejado instalar as primeiras usinas *offshore* nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. O Ceará possui quatro projetos, que são em: Caucaia, Camocim, Jangada e Asa Branca, sendo o maior deles em Jangada com a capacidade produtiva de potência de 3 GW, sendo por meio de 200 torres com 15MW cada. O Rio

¹ marina.silva33935@alunos.ufersa.edu.br

² lucangelica@ufersa.edu.br

Grande do Norte também conta com 4 projetos, o maior sendo Ventos Potiguar, possuindo 207 aerogeradores, e tendo a capacidade total de 2,4 GW (EPBR, 2021).

Com a análise dos dados existentes, é constatado estatisticamente que os ventos marítimos apresentam velocidades mais elevadas, além de serem mais uniformes e perenes, com isso, são menos turbulentos do que os ventos em meio terrestre, fazendo com que a eficiência energética dos aerogeradores offshore seja maior. (SNYDER; KAISER, 2009; ESTEBAN et al., 2011). Além disso, os parques *offshores* apresentam uma menor probabilidade de queixa dos civis, comparado aos parques onshore, principalmente por conta dos ruídos emitidos pelas torres, além da poluição visual e ocupação de terras que poderiam ser habitações.

Levando em consideração a necessidade da preservação ambiental, muito por causa dos efeitos do aquecimento global, se torna cada vez mais necessário procurar fontes de geração de energia que substituam a matriz energética baseada em hidrocarbonetos, por outras fontes que são ecologicamente sustentáveis. Esse trabalho terá como objetivo analisar o potencial eólico no Brasil e aos benefícios de implementar cada vez mais esse tipo de geração de energia sustentável, principalmente a geração de energia eólica *offshore*.

2. ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO MUNDO

A energia elétrica tem se tornado essencial para o ser humano, estima-se que até 2030, 45% das emissões de gás carbono seja causada pelos setores energéticos dependentes de combustíveis fósseis (MILLAIS, 2005). Energia eólica, de forma geral, são as massas de ar em movimento, podendo ser considerada a energia cinética dos ventos. Para que seja possível utilizá-la, essa energia cinética precisa ser convertida em energia mecânica, por meio de aerogeradores (também denominadas de turbinas elétricas). Há uma estimativa de que, cerca de 2% da energia solar que a Terra absorve é convertida em energia cinética dos ventos. Apesar de parecer um número insignificativo, essa porcentagem indica centenas de vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo (CRESESB, 2014).

O vento é uma massa de ar gerada principalmente por decorrência do movimento da Terra e o aquecimento diferente em cada camada de ar pelo Sol (REIS, 2011). Sabe-se que o ar são vários gases em conjunto, e é sujeito a mudanças em suas características físicas. Como o Sol consegue transferir mais energia para regiões onde são atingidos pelos seus raios, de forma perpendicular, dessa forma, a temperatura nos polos são menores do que no trópico do Equador. Esse fato faz com que os ventos mais frios circulem para o Equador, vindo dos polos, para que assim, substitua os ventos de temperaturas mais elevadas que se concentram nos Trópicos, e vai seguindo esse ciclo, como mostra a Figura 1 (CRESESB, 2008).

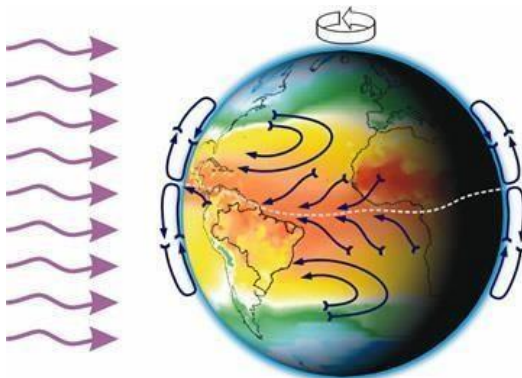


Figura 1: Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar (CRESESB)
(Fonte: Atlas Eólico do Brasil, 1998)

Em decorrência da inclinação da Terra em relação ao Sol, a mesma recebe diferentes tipos de radiação, causando assim variações sazonais na duração e intensidade dos ventos. O que acaba gerando as monções de ventos, que muda dependendo de cada estação, bem como, as brisas, que está mais relacionado ao tipo de terreno, caracterizado por serem ventos periódicos que vem do mar para o continente, e vice-versa.

A energia resultante das fontes eólicas além de ser considerada limpa segura, é abundante, e ainda considerada a energia de maior crescimento nos últimos anos. Para realizar o levantamento do comportamento dos ventos, é necessário utilizar um equipamento chamado anemômetros, onde é instalado a 10 metros em relação ao solo, para que seja medido a direção e intensidade, desde que o equipamento esteja com os sensores específicos para isso. Esses resultados geralmente são representados em mapas cartográficos, com isolinhas de velocidade máxima e média, isolinhas de calmaria, de fluxo de potência média e potência média bruta (w/s^2) (REIS, 2011).

3. ENERGIA E POTÊNCIA DA ENERGIA EÓLICA

A energia cinética relacionada aos ventos, é disponível às turbinas eólicas associada a uma coluna de vento, que se move em uma velocidade v (m/s), onde atravessa uma área A (m²) do rotor da turbina, e assim desloca uma massa ρAv (kg/s), onde ρ é a massa específica do ar (kg/m³). Portanto, a potência disponível do vento (W), pode ser calculada através da seguinte equação 1 (CAMPOS, 2004):

$$Pd = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

A partir da análise dessa equação, é possível entender que a potência obtida a partir de uma massa de ar, é proporcional à três fatores: a densidade do ar (ρ), ao cubo da velocidade (v^3) e a área varrida pela hélice de raio r ($A = \pi r^2$).

Outro fato que influencia na velocidade do vento é a altura da torre, onde quanto mais alta a turbina estiver, maior será a velocidade do ar, e consequentemente, maior será a potência que ela será capaz de extrair. Entretanto, as torres estão limitadas entre 50m a 140m de altura. É possível checar essa influência, a partir da equação 2:

$$v = v_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^n, \quad (2)$$

onde,

v = velocidade do vento;

v_0 = velocidade do vento na altura conhecida;

h = altura desejada;

h_0 = altura conhecida;

n = Fator de Rugosidade do Terreno (cujos valores podem ser vistos na TABELA 1).

Descrição do Terreno	N
Terreno sem vegetação	0,1
Terreno gramado	0,12
Terreno cultivado	0,19
Terreno com poucas árvores	0,23
Terreno com muitas árvores, cerca viva ou poucas edificações	0,26
Florestas	0,28
Zonas urbanas sem edifícios altos	0,32

Tabela 1: Fator de Rugosidade do terreno

Fonte: Reis (2011)

Apenas uma parte da potência gerada pelos ventos, é convertida em energia elétrica, e isso depende de alguns fatores, como: o rendimento aerodinâmico, o rendimento do multiplicador de velocidades, o rendimento do rotor, o rendimento do gerador, e a eficiência teórica de Betz. A partir da Figura 2, é possível observar que não se tem geração de energia elétrica abaixo da velocidade de partida da turbina. Além disso, é possível entender que há três tipos de velocidades em curvas de potência nas turbinas eólicas (AMARAL, 2011; PINTO, 2017), que são: a velocidade de partida, a velocidade nominal e a velocidade de corte.

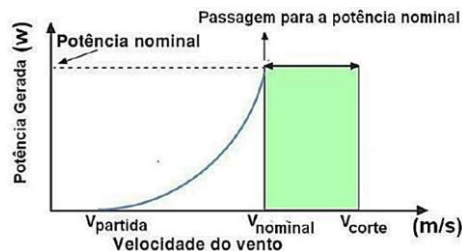


Figura 2: Curva da potência teórica de uma turbina eólica.

Fonte: (Pinto 2017)

A velocidade de partida ($V_{partida}$) é a velocidade de vento mínima, onde a máquina entrega a potência útil, ou seja, é quando começa a transformar a energia. A velocidade nominal ($V_{nominal}$) é a velocidade do vento onde a potência é máxima, ou seja, quando a potência nominal é alcançada. Por fim, a velocidade de corte (V_{corte}) é a velocidade máxima que é possível entregar a potência, a partir dessa velocidade, a turbina é desligada para garantir que a potência do gerador trabalhe em níveis que pode prejudicar a integridade do mesmo.

4. CLASSIFICAÇÃO DE AEROGERADORES

As turbinas eólicas podem ser classificadas em relação a posição do rotor, sendo vertical ou horizontal, levando em consideração a posição relacionada ao solo. As turbinas de eixo vertical, tipo hélice, com três pás, são as mais utilizadas em casos de geração de energia elétrica, visto que apresentam uma eficiência bastante superior aos outros modelos, apesar dos rotores de eixo vertical apresentarem algumas vantagens, como, por exemplo, o fato de que todo o sistema de controle, juntamente com o gerador elétrico e a caixa de transmissão podem ser montados no solo (REIS, 2011), e não há a necessidade de mover o rotor e colocar conforme o vento é incidente.

Um dos exemplos de rotor vertical é o do tipo Darrieus (Figura 3), que foi desenvolvido em 1931, pelo engenheiro George J. M. Darrieus, e ele é formado normalmente por duas ou três pás em um formato de arco, porém uma desvantagem dele é que o mesmo não possui um torque de partida, onde se faz necessário que se dê a partida para o início da operação.



Figura 3: Rotor vertical do tipo Darrieus
Fonte: Oak Energia

Já o gerador horizontal do tipo hélice, apresentado na Figura 4, possui muitas vantagens, e uma delas é a velocidade dos rotores, pois são considerados rápidos, e a velocidade da ponta da pá pode chegar até 14 vezes mais do que a velocidade do vento incidente, o que faz com que o torque de partida seja menor, podendo reduzir mais ainda, conforme a angulação das pás.



Figura 4: Aerogeradores do tipo hélice, no complexo Santo Inácio-Icapuí- CE
Fonte: Aliança Energia

4.1. Eficiência das turbinas eólicas

A potência eólica disponível no escoamento de uma determinada massa de ar, não pode ser totalmente convertida em energia mecânica no eixo de uma turbina, por isso, é colocado o coeficiente da potência, C_p , onde o mesmo é definido pela fração da potência eólica extraída pelas pás do rotor, e em seguida, é convertida em potência mecânica. Essa potência não considera as perdas mecânicas, pois o valor real extraído sempre é menor, portanto, o valor real do coeficiente de potência, pode ser corrigido pela expressão mostrada na Equação 3:

$$C_{p_{real}} = C_p \cdot \eta \quad (3)$$

onde o coeficiente η é o rendimento da turbina eólica, levando em consideração suas perdas mecânicas e também elétricas, onde varia entre 0 e 1. Se tem registros que o rendimento do gerador, juntamente com as transmissões elétricas e mecânicas de uma turbina eólica, varia entre 0,93 e 0,98 (AMARANTE ET AL., 2003).

5. ENERGIA EÓLICA OFFSHORE

A geração de energia elétrica a partir de fontes eólicas localizadas em meio marítimo, conhecida como energia eólica *offshore*, é uma tecnologia que está em constante evolução, pois as usinas eólicas estão constantemente sendo instaladas mais longes da costa, além de estarem em maiores profundidades. Esse tipo de geração de energia é bastante utilizado em países que possuem pequenas extensões de zonas territoriais e grandes extensões de costa marítima. Mas a fonte de Energia eólica *offshore* deve ser vista como um complemento, e não como uma exclusão ou concorrência da Geração de energia *onshore*.

Apesar dos altos custos, são muitas as vantagens da geração de energia elétrica por este tipo, além do fato de estar em constante evolução, é comprovado que os ventos em alto mar são mais perenes e mais rápidos, também oferecem um menor nível de turbulência, além disso, as poluições visual e sonora são bastante reduzidas, tendo em vista que são algumas das maiores reclamações de pessoas que moram próximo aos parques eólicos *onshore*.

Pelo fato de ser instalado no mar, não possui restrições quanto ao nível de ruídos, os componentes mecânicos e as pás possuem um custo inferior comparado aos componentes de uma torre *onshore*. Quanto ao porte de um parque *offshore*, a implantação de turbinas no mar permite uma menor densidade de potência, assim diminui o efeito entre as turbinas, tendo uma maior eficiência do sistema, chegando até a 13MW/km² em terra e 6MW/km² em mar, enquanto poucos são os sistemas *onshore* que ultrapassam 50MW, por possuírem restrições quanto emissão de ruídos, impacto visual, restrição de espaço.

O potencial do Brasil no meio eólico *offshore*, ao longo de toda a margem do país foi analisado por Kampel e Ortiz (2011), em um trabalho em conjunto com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Nos resultados, eles registraram que os ventos do Brasil variaram de 7 m/s a 12 m/s, estando a uma altitude de 80 m acima do nível do mar, e entre as regiões analisadas, três se destacaram pela alta magnitude do vento, sendo elas a costa do Ceará e do Rio Grande do Norte, a costa de Sergipe e Alagoas, e a costa do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Chegaram ao resultado da densidade média estando em variação, de 215 W/m² e 968 W/m².

Quanto a aplicação desse tipo de sistema, é necessário que se faça uma observação dos equipamentos que serão reservados à utilização da energia fornecida. O sistema híbrido se caracteriza por utilizarem formas de geração de energia alternativas, como por exemplo, turbinas eólicas, movidas à diesel, e é considerado um sistema de maior complexidade, e em geral, é utilizado em usinas de grande e médio porte. Já nos sistemas isolados, de forma geral, apresentam uma forma de armazenar a energia através de baterias, ou também, por energia potencial gravitacional, com elevação de água.

5.1. Composição de um parque eólico offshore

É possível observar e entender, de forma detalhada, a partir da figura 5, como se distribui e quais os principais elementos que estão presentes na usina *offshore*, como: (a) aerogeradores; (b) cabos submarinos coletores; (c) cabos de exportação; (d) transformador; (e) subestação *offshore*, (f) torre meteorológica; (g) subestação *onshore*.

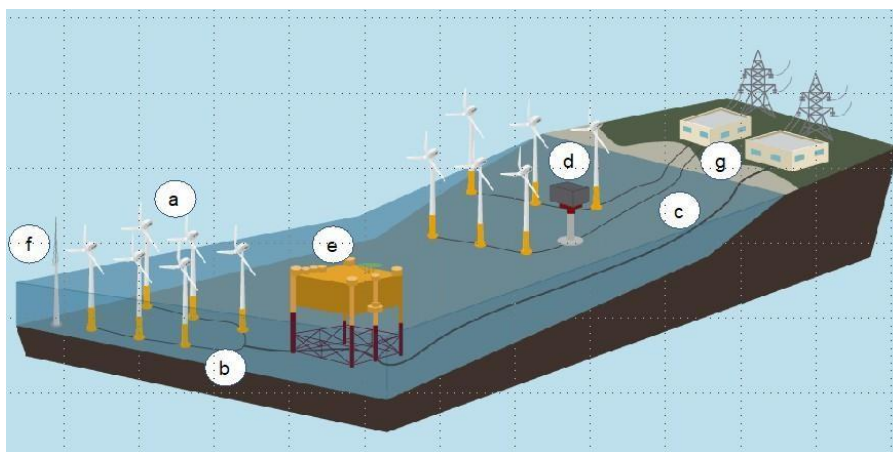


Figura 5: Componentes de um parque eólico offshore (João Paulo, 2019)

As fundações têm como principal função manter o aerogerador apoiado ao solo, e estão sujeitos a condições específicas para cada localidade, assim, necessitando de um projeto próprio para cada ambiente a ser instalado. (TEMPEL, et al., 2010). Esse tipo de fundação é projetado levando em consideração a profundidade marítima, as características do solo e as condições meteoceanográficas. As estruturas para suporte utilizadas em fundações, são construídas em diversas dimensões e formas. Na figura 6, é possível entender a aplicação de cada tipo de fundação, conforme a profundidade da água. Para águas mais rasas, de até 30 metros de profundidade, é utilizado com mais

frequência a fundação monopilar, para águas intermediárias, entre 30 e 60 metros, é utilizada a fundação de jaqueta, e por fim, para águas mais profundas, ou seja, acima de 60 metros, o ideal é utilizar o de turbinas flutuantes (CAVAZZI, DUTTON. 2016).

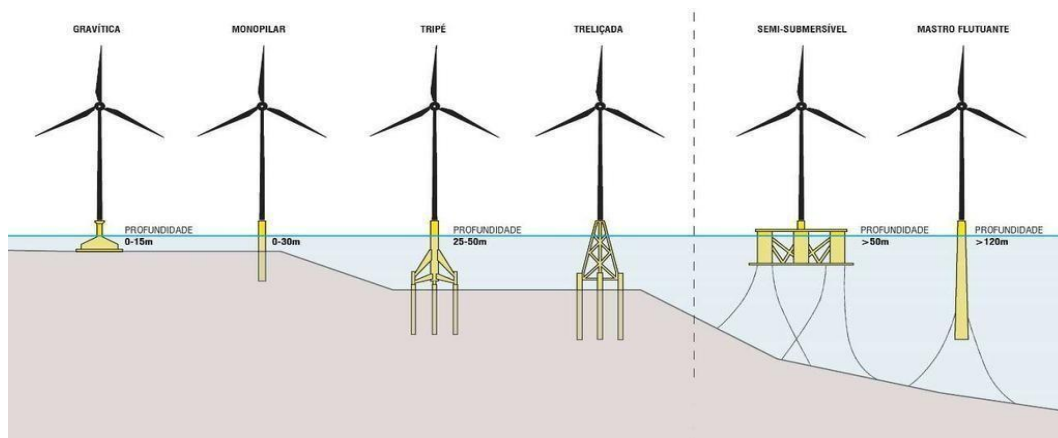


Figura 6: Tipos de fundações de turbinas eólicas offshore e profundidades de aplicação.

Fonte: Laura Aguilera Jiménez (2014)

5.2. Armazenamento de energia eólica

O armazenamento da energia elétrica se dá por questões econômicas, levando em consideração se a demanda está maior ou menor do que a capacidade geradora. Com o uso da energia eólica no sistema integrado, acarretará em uma queda no uso de fontes tradicionais de geração de energia, como a hidráulica e a térmica, que fazem o uso de carvão ou óleo. A energia eólica pode ser armazenada por supercapacitores ou por baterias, ou até mesmo através da conversão em outro tipo de energia, principalmente a mecânica. Assim é possível citar alguns tipos de armazenamento, como:

- Volante (Mecânica): se dá pela conversão de energia mecânica em energia cinética, através do movimento de rotação do volante.
- Compressor (Mecânica): o armazenamento se dá após a utilização do compressor, onde o ar comprimido (de 5 0 a 100atm) é armazenado em recipientes próprios.
- Bomba (Hidráulica): armazena a energia através da transbordância de água para um reservatório, na forma de energia potencial, e quando se é necessário, com o uso de uma queda d'água, aciona uma turbina hidráulica para que seja utilizada a energia.
- Calor (efeito *joule*): através do movimento das pás, o armazenamento é feito sob a forma de calor. A energia causada pelo atrito proveniente das pás e a resistência existente na água em movimento, produz uma elevação na temperatura, e assim, transforma a energia eólica em energia térmica, ficando armazenada em um recipiente que se encontra termicamente isolado.

6. SELEÇÃO DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO OFFSHORE

Muitos são os fatos levados em consideração quando vai se realizar a escolha do local para que seja feita a instalação de um parque eólico *offshore*, para que possa concluir a viabilidade do projeto a ser executado, bem como os custos com a instalação, manutenção e operação, e também levando em consideração a segurança. Abaixo será citadas algumas situações a serem levadas em consideração na escolha do local, baseado nas afirmações de Helimax (2008):

- Batimetria: atualmente, é possível o desenvolvimento de parques eólicos em profundidades de mais de 30 metros. Projetos como Barrow- Estados Unidos, e Q7-Holanda, tiveram profundidades que variaram entre 23 e 24 metros. A profundidade mínima que possibilita a instalação de uma fazenda *offshore* é de 5 metros, dependendo dos navios de instalação, dos modelos das turbinas, entre outras questões a serem consideradas.
- Fundações: alguns parâmetros devem ser levados em consideração, como a idade do solo, a porosidade do solo, a taxa de sedimentação do local, o regime das correntes e marés. Também não pode haver chances de abalos sísmicos no local, pois isso pode causar danos às estruturas, além disso, as ondas e correntes marítimas devem ser estudadas com antecedência, antes mesmo de acontecer a instalação das fundações, pois as ondas atingem diretamente as estruturas, podendo causar fadiga nas mesmas.

- Velocidade médias do vento: segundo Feitosa et al. (1993), os ventos que possuem velocidades médias anuais iguais ou maiores que 6m/s, são de extrema atração para a geração de energia elétrica, média esta que é comparada com os potenciais eólicos do Ceará e do Rio Grande do Norte, dois estados de maior potencial eólico no Brasil. Esse dado da velocidade média do vento tem uma enorme importância, visto que a partir dele, pode ser analisado a inviabilidade dos parques eólicos.

6.1. Extrapolação dos dados

A maioria dos anemômetros instalados no Brasil, estão a uma altura média de 10 metros, visto que sua principal função é voltada a meteorologia. Para obter dados que sejam úteis para as instalações eólicas, deve se estar a uma altura de 50 metros, mas não é comum de achar anemômetros instalados em toda região, obedecendo a essa altura. Para que seja possível solucionar essa adversidade, é possível fazer a extrapolação da frequência da velocidade do vento através de duas leis da física, que são: a Lei da Potência (Equação 4) e a Lei Logarítmica (Equação 5) (BLESSMANN, 1995; MANWELL et al., 2002).

$$\frac{v_z}{v_{zr}} = \left(\frac{z}{z_r}\right)^P, \quad (4)$$

onde:

v_z = Velocidade média na altura desejada ($m. s^{-1}$)

v_{zr} = Velocidade média na altura de referência ($m. s^{-1}$)

z_r = Altura de referência (m);

z = Altura desejada (m);

P = Parâmetro de rugosidade (conforme a Tabela 2).

Descrição do Terreno	FATOR P
Superfície lisa, lago ou oceano	0,10
Grama baixo	0,14
Vegetação rasteira	0,16
Arbustos, árvores ocasionais	0,20
Árvores, construções ocasionais	0,22 – 0,24
Áreas residenciais	0,28 – 0,40

Tabela 2: Fator P para diferentes tipos de superfície
Fonte: adaptado de Blessmann (1995)

$$v_z = v_{zr} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) / \ln \left(\frac{z_r}{z_0} \right) \right], \quad (5)$$

onde:

z_0 = Parâmetro de classes de rugosidade (conforme a Tabela 3)

Tipo de Terreno	RUGOSIDADE Z_0 (m)
Gelo	0,00001
Mar calmo	0,0002
Mar agitado	0,0005
Neve	0,003
Grama baixa	0,008
Pasto	0,01
Campo	0,03
Plantações	0,05
Poucas árvores	0,100
Muitas árvores; Algumas construções	0,250
Florestas	0,500
Subúrbios	1,500
Cidades	3,000

Tabela 3: Rugosidade superficial para cálculo da Lei Logarítmica Fonte: adaptado de Manwell et al. (2002)

Segundo Dutra (2001), a Lei Logarítmica é mais precisa comparada a Lei da Potência, pois a primeira utiliza o ajuste logarítmico, o que não ocorre na segunda equação citada. É também observado que nas duas formas de extrapolação dos dados, dependem da rugosidade do solo.

7. CONCLUSÃO

A produção de eletricidade por meio de energia eólica pode ser capaz de suprir a maior parte da demanda energética do país, visto que o Brasil tem um grande potencial eólico, assim, seria possível que a energia eólica *offshore* seja a principal fonte de geração de energia, principalmente na região do Nordeste, que é considerada a de maior potencial eólico *offshore* do país, principalmente entre o Rio Grande do Norte e o Maranhão, região esta que tem uma média de fatores de capacidade elevado, estando acima da média mundial de 43% das usinas eólicas *offshore* que já se encontram em operação (IRENE, 2019).

A grande vantagem das usinas eólicas, se dá pelo fato da necessidade de investir um baixo capital inicial, bem como a maior facilidade de financiamento, e o tempo de funcionamento bastante elevado, tornando assim o investimento nesses tipos de fontes cada vez mais acessível. Apesar dos custos serem mais reduzidos, ainda assim o Brasil, observa-se que ainda há pouco investimento das indústrias nacionais, assim como especialização de mão de obra, caso houvesse um maior investimento nisso, com certeza os preços estariam bem mais baixos.

Outro ponto bastante positivo na implementação de parques *offshore*, além de levar em consideração questões econômicas, também se observa um menor impacto ambiental, por possuir uma baixa taxa de emissões de gases que aumentam o efeito estufa, e por ser uma fonte sustentável, também conta com uma baixa interferência na flora e na fauna do local onde se encontra.

8. REFERÊNCIAS

ALIANÇA ENERGIA. Projeto Eólico Santo Inácio conclui marcos importantes. Disponível em: <<https://aliancaenergia.com.br/br/projeto-eolico-santo-inacio-conclui-marcos-importantes/>>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

AMARAL, B. M. Modelos VARX para Geração de Cenários de Vento e Vazão Aplicados à Comercialização de Energia. 2011. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/>>. Acesso em: 04 de novembro de 2021.

AMARANTE, O. A. C. do et al. Potencial Eólico do Estado do Rio Grande do Norte. [s.l]: Cosern – Aneel, 2003. 58p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico_RN.pdf>. Acesso em: 07 de novembro de 2021.

BLESSMANN, J. O vento na engenharia estrutural. Porto Alegre: Ed. Universidade /UFRGS, 1995.

CAMPOS, F. Geração de Energia Eólica a Partir de Fonte Eólica com Gerador Assíncrono Conectado a Conversor Estático Duplo. Tese (Doutorado) PUC-SP, 2004.

CAVAZZI, S.; DUTTON, A. G. An Offshore Wind Energy Geographic Information System (OWE-GIS) for assessment of the UK's Offshore Wind Energy Potential. *Renewable Energy*, v. 87, p. 212–228, 2016.

CRESESB. O Recurso Eólico. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em 04 de novembro de 2021.

CHRISTÓFARO, B. RAMOS. Estudo do Potencial Eólico em offshore para a geração de energia elétrica no litoral do Paraná. Monografia apresentada à disciplina de Estágio Supervisionado I como requisito parcial à conclusão do Curso de Oceanografia com Habilitação em Pesquisa Oceanográfica, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Universidade Federal do Paraná: Paraná, 2010.

DUTRA, R. M. Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao marco regulatório do setor eólico brasileiro. 2001. 309 f. Dissertação (Mestrado) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

G.; KAMPEL, M. Potencial de energia eólica offshore na margem do Brasil. V Simpósio Brasileiro de Oceanografia, p. 1–4, 2011.

HELIMAX ENERGY INC. Analysis of future offshore wind farm development in Ontario, 2008. Disponível em: <<http://www.waterkeeper.ca/documents/2008-11-Helimax2008.pdf>>. Acesso em: 09/06/10.

ISTO É. Consumo de energias fósseis é de 80% do total, igual a dez anos atrás. Disponível em: <<https://www.istoedinheiro.com.br/consumo-de-energias-fosseis-e-de-80-do-total-igual-a-dez-anos-atras/>>. Acesso em: 09 de novembro de 2021.

KAISER, M. J.; SNYDER, B. F. Offshore Wind Energy Cost Modeling – Installation and Decommissioning. 1.ed. Londres: Springer-Verlag, 2012. 235 p.

MACHADO, Nayara. Raio-X das eólicas offshore em licenciamento no Brasil. Disponível em: <<https://epbr.com.br/raio-x-das-eolicas-offshore-em-licenciamento-no-brasil/>>. Acesso em: 08 de novembro de 2021.

MANWELL, J. F.; MCGOWAN, J. G.; ROGERS, A. L. Wind Energy: Theory, Design and Application. England: Ed. John Wiley & Sons Ltd, 2002. 577 p.

MILLAIS, C. Relatório Wind Force 12: segurança global a partir do vento. Revista ECO 21, Rio de Janeiro, n. 104, julho 2005.

NUNES, J. P. C. Silva. Energia Eólica Offshore: Estudo de caso da viabilidade técnico-econômica de uma usina próxima à costa do litoral do Rio Grande do Norte. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Norte: Natal, 2020).

PINTO, M. O. Estudo Estimativo Básico para Implantação de Turbinas Eólicas Offshore no Litoral do estado do Rio Grande do Norte. 132 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

REIS, L. B. dos. Geração de Energia Elétrica. [S.l.]: Manole Ltda, 2011.

ROBERTO, Diego Turbinas Eólicas ou Aerogeradores. Disponível em: <<https://oakenergia.com.br/blog/turbinas-eolicas/>>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

STAFFELL, I.; GREEN, R. How does wind farm performance decline with age? 2014.

TEMPEL, J. Van der et al. Design of support structures for offshore wind turbines. WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering, v. 44, 2010. Wit Press. doi: 10.2495/978-1-84565-205-1/17.