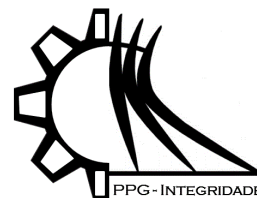




ISSN 2447-6102



Artigo

## Estudo preliminar da seleção de locais para instalação de parques eólicos offshore no litoral do Rio Grande do Sul

Gonçalves, P.S.<sup>1\*</sup>; Krusche, N.<sup>1</sup>; Gomes, C.S.<sup>2</sup>; Pinheiro, H.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

\* e-mail for correspondence: paula\_s.g@furg.br

Received: 10/03/2022; Accepted: 20/05/2022; Published: 27/07/2022

**Resumo:** Com a crescente demanda por energia e por sustentabilidade, a geração de energia no mundo está cada vez mais voltando-se para parques eólicos. Em geral, os parques eólicos offshore são considerados mais eficientes do que onshore devido à ausência de obstáculos. Eles têm mais potencial eólico, pois possuem um perfil de vento mais forte e consistente. Entre os diversos critérios, a seleção do local é um passo fundamental para projetar um parque eólico. Este estudo tem como objetivo indicar locais em potencial para a construção de parques eólicos na costa do Rio Grande do Sul e o tipo de fundação apropriado para a instalação. Parâmetros como a intensidade do vento na região, a batimetria da costa, as rotas de navegação e as linhas de transmissão mais adequadas foram analisados.

**Palavras-chave:** Física atmosférica, planejamento de parque eólico, locais, localização de parque eólico offshore

## Preliminary study the selection of sites for installation offshore wind farms on the coast of Rio Grande do Sul

**Abstract:** Demand for energy and sustainability, power generation in the world is leaning towards wind farms. In general, offshore wind farms are considered more efficient compared to onshore wind farms due to the absence of obstacles. They have more wind potential, as they have a stronger and more consistent wind profile. Among the various criteria, site selection is essential in the development of a wind farm. The objective of this research is to indicate potential locations for the construction of wind farms on the coast of Rio Grande do Sul and the type of foundation suitable for the installation, considering the intensity of the wind in the region, the coast bathymetry, as navigation and as more combined transmission lines.

**Keywords:** Atmospheric physics, wind farm planning, siting, offshore wind farm siting



## 1. Introdução

A necessidade de alinhar objetivos econômicos e ambientais e de reduzir os impactos climáticos de uma economia mundial baseada em combustíveis fósseis está provocando uma reestruturação do sistema energético (IRENA, 2017; (Toke, 2011; Breton e Moe, 2009). Essa mudança é possível devido às tecnologias de energia renovável e eficiência energética, cada vez mais aprimoradas e competitivas, que mudam a maneira como a eletricidade e os combustíveis são produzidos e consumidos (Azevedo et al., 2020).

A energia eólica oferece um potencial significativo para reduzir emissões de gases que provocam o efeito estufa em curto e longo prazo (Biswal e Shukla, 2015). Diferentes tecnologias de energia eólica estão disponíveis em diversas aplicações, gerando eletricidade a partir de turbinas conectadas à rede, implantadas em terra, denominadas *onshore*, ou no mar, *offshore*. Os parques eólicos *offshore* possuem um potencial eólico maior do que os *onshore* devido o seu perfil de vento mais forte e consistente (Pryor e Barthelmie, 2001).

O Brasil tornou-se um dos países líderes na geração de energia eólica *onshore*, no entanto o potencial brasileiro *offshore* ainda está em seus estágios iniciais, com nenhum parque em operação ou sendo implementado (Azevedo, 2020). A geração de energia eólica *offshore* está se expandindo em muitos países devido a escassez de terra e o potencial eólico consistentemente maior no mar e mais parques eólicos *offshore* estão sendo planejados (Esteban, 2011). Entretanto, estudos sobre a instalação desses parques ainda são escassos no Brasil (Tuchenhagen et al., 2020).

A seleção do local, entre diversos critérios, é fundamental para que desenvolvedores definam a instalação de parques eólicos *offshore*. Nesse contexto, torna-se necessário a realização de estudos referentes ao potencial eólico no litoral brasileiro, bem como de características físicas da região proposta, como a batimetria do fundo, e impactos sócio-econômicos, considerando a circulação de navios na costa e a proximidade da rede transmissora. O objetivo desta pesquisa é contribuir para tomadores de decisão, avaliando locais em potencial e indicando um possível local para a instalação de um parque eólico *offshore* na costa do Rio Grande do Sul.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Área de estudo

O Estado do Rio Grande do Sul está localizado na região sul do Brasil, ocupa uma área total de 281.748 km<sup>2</sup> e sua costa é relativamente grande em comparação à outros estados do país, com extensão de mais de 600 km. A região de estudo está localizada entre as longitudes de 54°W e 49°W e latitudes 28°S e 34°S, que inclui a costa do RS e parte do continente (Fig.1). Dominada por ondas abertas com micro-marés (Gruber et al., 2003), este litoral é submetido frequentemente à condições de tempestades causando a elevação do nível do mar. A costa apresenta um forte processo erosivo, principalmente durante os meses de inverno (Tozzi e Calliari, 1997).

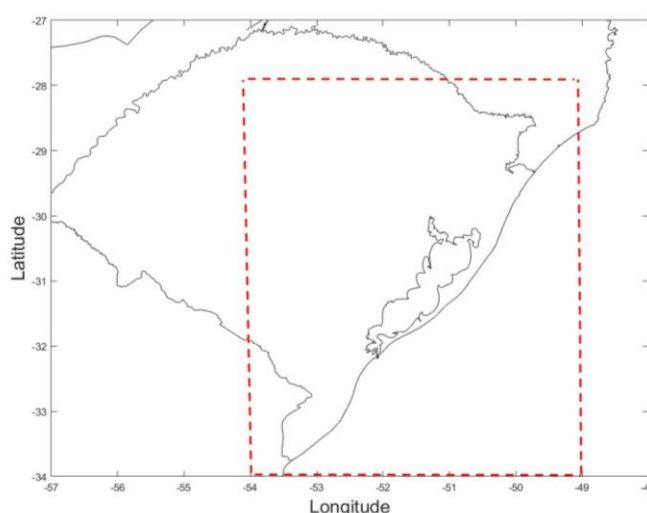


Figura 1: Área de estudo representada pelas linhas tracejadas em vermelho.

Na costa do Rio Grande do Sul, a vegetação varia de manguezais a restinga. O clima na região é subtropical úmido (Stehly, 2020). O solo da superfície em toda a costa é constituído principalmente por sedimentos arenosos. O relevo é suave, com baixa declividade e contornos batimétricos seguindo a linha costeira (Pinho et al., 2016).

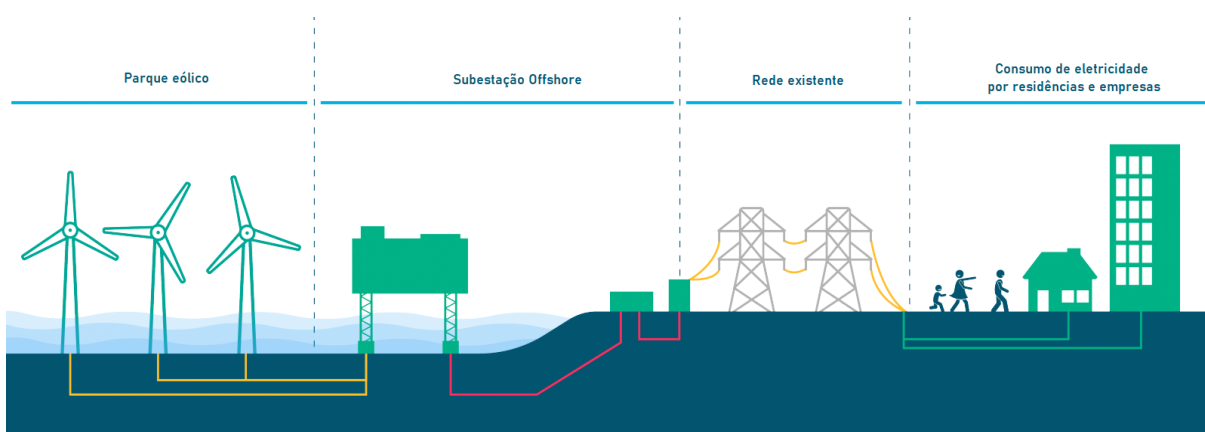
Foram utilizados dados reanálise da quinta geração (ERA5) disponibilizados pelo Centro Europeu de Previsões Meteorológicas (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECWMF*). Os conjuntos de dados de reanálise são produzidos aplicando-se um modelo de ponta a conjuntos de dados que fornecem uma série temporal homogênea a longo prazo. O ERA5 é uma reanálise de observações meteorológicas de 1979 até 5 dias do tempo real em uma grade de 27 km x 27 km aproximadamente (Copernicus, 2019). Foi realizada uma avaliação da velocidade do vento a 100m de altura e período determinado para este estudo foi de janeiro de 1979 a dezembro de 2018, incluindo 4 horários diários, sendo eles 00 UTC, 06 UTC, 12 UTC e 18 UTC, isto é, 21 h do dia anterior ao observado, 3 h, 9 h e 15 h no horário local.

Os contornos batimétricos detalhados fornece o tamanho, a forma e a distribuição das características subaquáticas. O mapa serve como uma ferramenta para a realização de estudos científicos, de engenharia, geofísicos marinhos e ambientais, necessários para o desenvolvimento dos recursos energéticos e marinhos (NCEI, 2020). A profundidade do mar e as propriedades do solo oceânico também devem ser levadas em consideração quando projetar-se as fundações do parque eólico *offshore*, pois quanto mais profunda a água, aumenta-se o custo das fundações. Em contrapartida, quanto mais próximo da costa, os cabos tendem a ser mais curtos, tornando financeiramente vantajosa a instalação de um parque eólico. Utilizou-se dados dos Centros Nacionais de Informações Ambientais da NOAA (*NOAA National Centers for Environmental Information, NCEI*), responsáveis por preservar, monitorar, avaliar e fornecer acesso público ao tesouro nacional de dados e informações geofísicas. Os dados são disponibilizados gratuitamente, sendo possível selecionar apenas a região de interesse.

Foi utilizada uma ferramenta que disponibiliza dados de rotas marítimas de navios cargueiros e cruzeiros, denominado *Marine Traffic* (Marine Traffic, 2019). Os dados de um Sistema de Identificação Automática (*Automatic Identification System, AIS*) determinam a densidade de tráfego no mundo. Selecionou-se a região de estudo para análise da densidade de tráfego das navegações na costa do Rio Grande do Sul. O *Marine Traffic* é recomendado por uma Organização não governamental que regulamenta normas e publicações internacionais, auxiliando a navegação de todo o globo, essa organização chama-se Associação Internacional de Autoridades de Farol (*International Association of Lighthouse Authorities, IALA*).

As instalações convencionais de energia eólica tem como núcleo um rotor que é projetado para girar de acordo com a velocidade e direção do vento e este movimento mecânico convertido em energia elétrica com a ajuda de um gerador elétrico (Stehly e Beiter, 2020). Esse gerador converte a energia mecânica em energia elétrica através da circulação de um gás de alta pressão que ocorre em um circuito fechado (Garvey et al., 2015).

O processo de integração à rede elétrica de um parque eólico *offshore* pode ser dividido no sistema de coleta *offshore* e no link de transmissão para a costa (Bresesti et al., 2007). O sistema de coleta *offshore* reúne a produção de energia das turbinas eólicas e a leva a um ponto central de coleta em uma subestação *offshore*, que então se liga à rede principal já existente (Fig. 2). Do ponto de coleta *offshore*, o link de transmissão para a costa pode ser por sistemas de corrente alternada em de alta tensão (HVAC) e sistemas de corrente contínua em alta tensão (HVDC) com conversores comutados por linha (LCC) baseados em tiristores ou VSC-HVDC (Bresesti et al., 2007).



**Figura 2:** Processo de integração à rede. Fonte: Adaptado de CLEANPNG (2019).

Chaithanya et al.(2018) afirmam que a maior parte dos parques eólicos *offshore* são integrados à transmissão de alta tensão CA (HVAC) para a rede *onshore* (Fig.2). Os parques eólicos *offshore* serão integrados à transmissão de alta tensão CC (HVDC) quando estiverem instalados em longas distâncias (>50 km) até a rede devido à corrente capacitiva

do cabo em HVAC. O principal desafio da transmissão HVDC é a instalação, operação e manutenção da subestação HVDC do Conversor de tensão de origem no ambiente *offshore*.

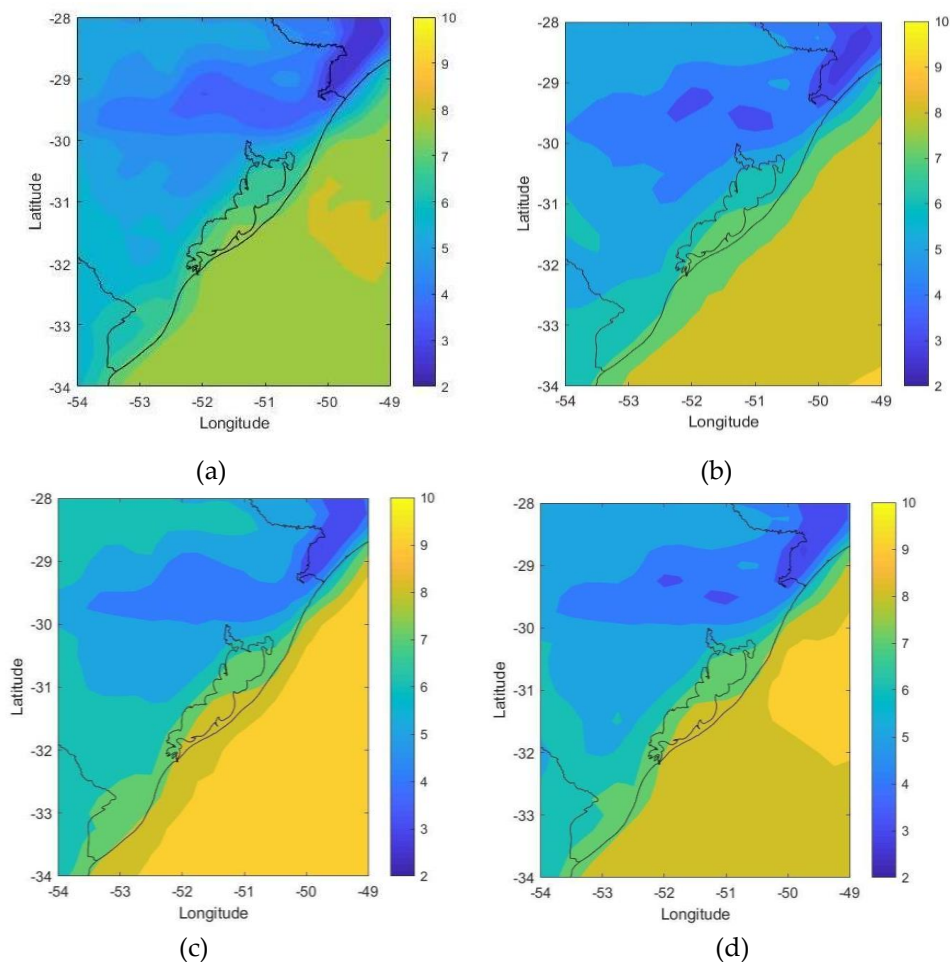
## 2.2 Análise de Dados

Richardson (2019) afirma que métodos baseados em correlação são capazes de produzir uma separação adequada entre os padrões climáticos resultantes. O autor mostra técnicas de correlação aplicados à padrões climáticos, identificam o campo com mais correlações acima de um limite com os outros campos e remove, subsequentemente, esses campos do conjunto de dados. Este procedimento é repetido até que todos os dias sejam classificados. Este processo é similar ao método que será utilizado nesta pesquisa. O método de análise multivariada apresentado por Lund em 1963 também é baseado em correlações. Ele será aplicado em parte da avaliação estatística dos dados e será doravante denominado "Método de Lund". Lund (1963) analisa valores de pressão ao nível do mar de 22 estações do nordeste dos Estados Unidos, comparando correlações padrão a padrão e encontra padrões-chave. Por fim, o autor classifica esses padrões de pressão ao nível do mar que reaparecem com mais frequência do que esperado.

## 3. Resultados

### 3.1. Intensidade do vento

Para realizar uma análise do potencial eólico da região, foram estudadas as climatologias sazonais. Obteve-se as intensidades médias do vento de 1979 à 2018 dos seguintes meses: Janeiro, fevereiro e março (Fig.3-a); abril, maio e junho (Fig.3-b); julho, agosto e setembro (Fig.3-c) e outubro, novembro e dezembro (Fig.3-d), representando ao verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

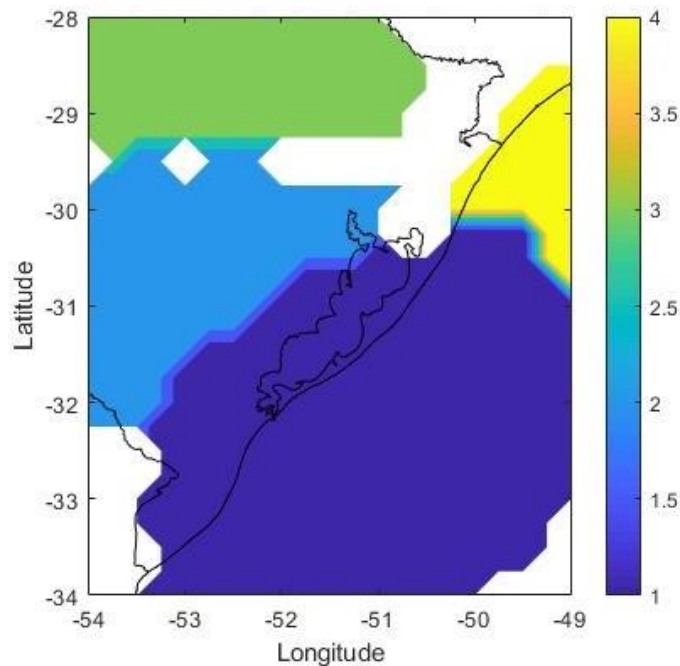


**Figura 3:** Análise sazonal intensidade média do vento (1979 - 2018) de: (a) verão; (b) outono; (c) inverno; (d) primavera.

Notou-se que as médias mais elevadas ocorrem no inverno (Fig.2-c) e as médias menos elevadas na costa ocorreram no verão (Fig.2-a), variando de 7 m/s à 9 m/s em toda a costa. A análise sazonal mostra também ventos *offshore* mais intensos do que os ventos no continente, conforme descrito na literatura.

### 3.2. Implementação do método de Lund

Na análise multivariada do método de Lund identificou-se os locais com maior correlação de intensidade do vento no período de 1979 à 2018. O grupo 1 (Fig.4) corresponde à costa do Rio Grande do Sul e mostrou ser a área predominante na região analisada.

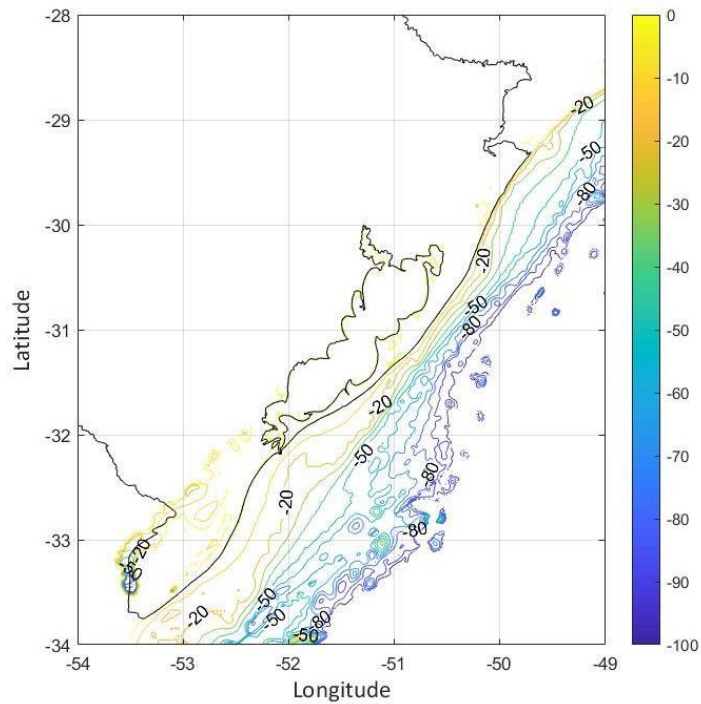


**Figura 4:** Quatro primeiros grupos da aplicação do método de Lund no período de 1979 à 2018.

A figura 4 mostra os quatro primeiros grupos dos onze encontrados. Esses quatro grupos referem-se à aproximadamente 87% dos dados observados. A predominância do grupo 1 valida a decisão de estudar esta região para determinar, posteriormente, se tal correlação pode estar associado à elevadas taxas de intensidade do vento em regiões *offshore* e também por estar sujeita a menos restrições.

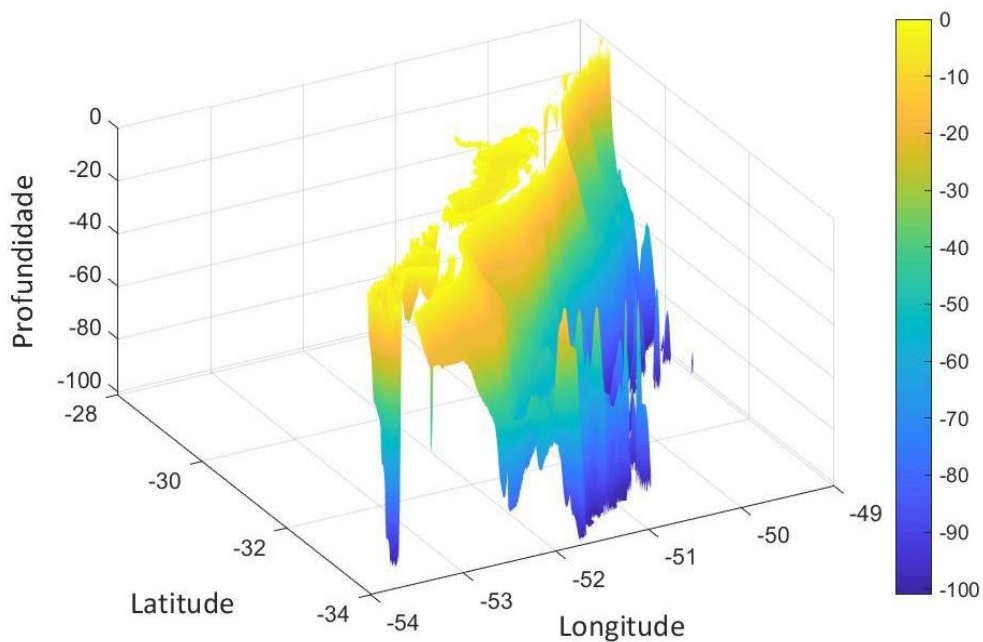
### 3.3. Batimetria da costa

Utilizou-se a batimetria para avaliar as profundidades dos corpos d'água representadas cartograficamente pelas curvas batimétricas (Fig.5). As informações obtidas com a batimetria da costa foram fundamentais para avaliação do local de instalação de um parque eólico *offshore*, pois é necessário conhecer o fundo do oceano onde uma torre será construída para avaliar a fundação e tipo de instalação mais adequados na região de interesse.



**Figura 5:** Contorno batimétrico da região de estudo

Foi realizada uma análise computacional dos dados e, em seguida, também foi gerada a partir dos dados dos Centros Nacionais de Informações Ambientais da NOAA (*NOAA National Centers for Environmental Information, NCEI*) a visualização em três dimensões da batimetria na mesma região de estudo (Fig. 6), visando verificar áreas de interesse.

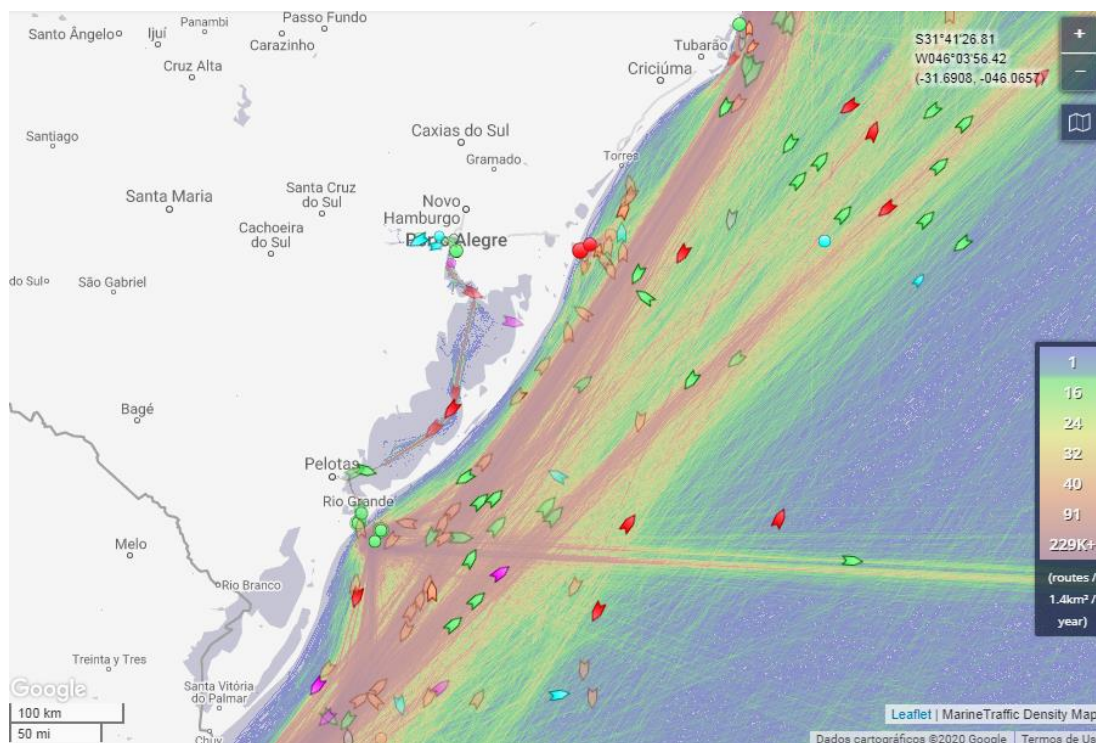


**Figura 6:** Mapa batimétrico da área offshore selecionada.

Identificou-se as faixas entre 20 m e 50 m como locais favoráveis a priori, pois encontram-se suficientemente próximas à costa e esta profundidade pode otimizar o link de transmissão para a subestação *onshore*, bem como a manutenção das turbinas eólicas *offshore*.

### 3.4. Trajetória dos navios

Para esta pesquisa foi possível selecionar a região de estudo na versão gratuita do *software Marine Traffic* e verificar os locais onde a densidade de tráfego é mais intensa.



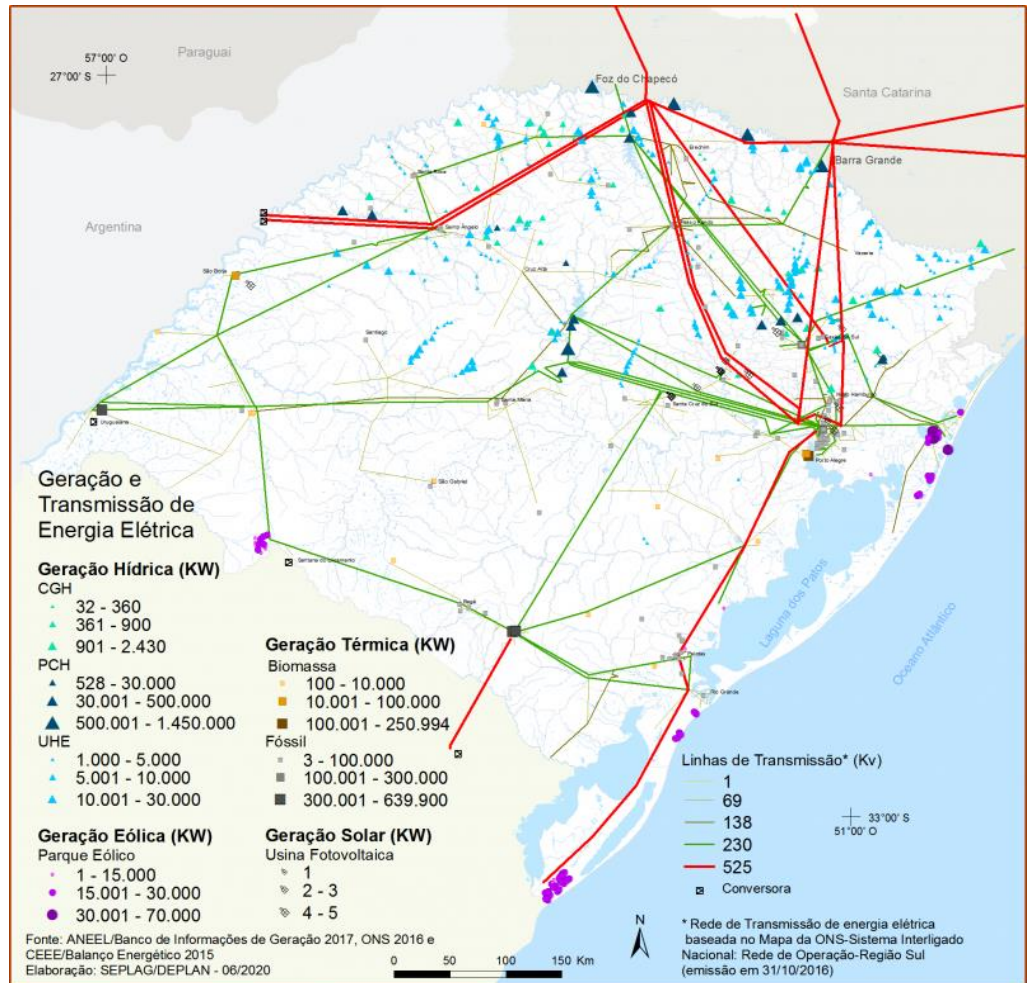
**Figura 7:** Densidade de tráfego dos navios na costa do Rio grande do Sul. Fonte: Marine Traffic (2019).

Procurou-se selecionar locais com menor densidade de tráfego (Fig.7) e próximos à costa, a fim de evitar riscos de colisões das embarcações com as turbinas eólicas *offshore*. Caso, ainda assim, existam rotas no local escolhido para a instalação do parque eólico, é necessário que haja negociação com os que regulam a navegação para lidar com objetivos de segurança e usos concorrentes do oceano, visto que o mar não é privado, ele é propriedade do país e da população (Douvere et al., 2007).

### 3.5. Integração à rede

Em geral, escolher o sistema de transmissão adequado é um dos desafios encontrados pela equipe de desenvolvimento ao projetar um parque eólico *offshore*. Assim como, a integração da quantidade variável de energia eólica que é gerada pelas turbinas com o sistema elétrico. Há também os custos da transmissão *onshore*, que são influenciados pela distância até o ponto de conexão à rede (Silva, 2019).

Segundo Beiter e Musial (2016), o sistema de transmissão *offshore* pode ser fragmentado em conexão de cabos submarinos, sistema de cabos submarinos de exportação e integração à rede. Eles ligam as turbinas entre si e à subestação *offshore*, as subestação *offshore* até a subestação onshore e ligam a subestação onshore ao ponto de conexão à rede, respectivamente.



**Figura 8:** Sistema de transmissão de energia elétrica existente. Fonte: Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2020).

Após analisar a proximidade de linhas de transmissão e subestações de eletricidade existentes (Fig.8) foi possível excluir e restringir alguns locais. O litoral norte e litoral sul possuem acessos existentes e, portanto, são locais propícios para instalação de parques eólicos *offshore*. No litoral Sul pode-se destacar locais como Rio Grande e Santa Vitória do Palmar, que além de linhas de transmissão existentes, possuem subestações onshore e cabeamento de 525 kv. Em contrapartida, aplicou-se a exclusão de todo o litoral próximo à lagoa dos patos devido a falta de acessos existentes.

Atualmente, monopilhas, tripés, jaquetas e estruturas flutuantes são frequentemente usados como tipos de fundação para turbinas eólicas *offshore*, onde os três primeiros tipos são ancorados no fundo do mar por estacas cravadas (Hao e Liu, 2017). A profundidade do fundo do mar tem sido um parâmetro geralmente usado para determinar o tipo de fundação mais conveniente para um projeto (Sánchez et al., 2019).



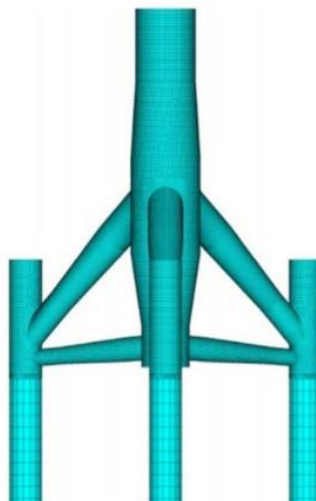


Figura 9: Esquematização da fundação por tripé. Fonte: Hao e Liu (2017).

A fundação por tripé (Fig. 9) pode ser construída em profundidades de transição, que corresponde às profundidades entre 25 e 50 m (Bailey et al., 2014). Esta fundação é feita por três tubos de aço tubular, que se estendem até o fundo do mar, e uma peça de transição colocada sobre eles, onde também é conectada à turbina. A largura da base e a profundidade de penetração da estaca podem ser ajustadas para se adequar às reais condições ambientais e do solo (Yeter et al., 2016). Dessa forma, para as profundidades selecionadas nesta pesquisa, recomenda-se este tipo de fundação.

#### 4. Discussão

A variação sazonal da intensidade da velocidade do vento no período de 1979 a 2018 pode ser avaliada a partir da Fig. 3, onde o presente estudo considera quatro estações: verão sendo janeiro, fevereiro e março; outono incluindo abril, maio e junho; inverno incluindo julho, agosto e setembro e primavera incluindo outubro, novembro e dezembro. Nos meses de inverno, a costa do Rio Grande do Sul apresentou maior potencial eólico. No entanto, mesmo nos períodos do ano onde as médias se apresentam mais baixas como no verão, observa-se que a intensidade média da velocidade do vento na costa é sempre maior ou igual a 7 m/s, o que ressalta e valida o potencial eólico da região.

A combinação dos parâmetros mencionados nesta pesquisa mostrou que possibilidade da instalação de um parque eólico offshore no litoral do Rio Grande do Sul é perfeitamente possível. Como a distância do parque eólico à terra e ao porto define os recursos necessários para a implementação de um parque eólico *offshore*, procurou-se selecionar um local suficientemente próximo à costa para reduzir tais gastos operacionais, como transportar turbinas eólicas na fase de construção e também na fase de operação. Nesse sentido, o litoral sul do Rio Grande do Sul mostrou-se um local em potencial para a construção de um parque eólico *offshore* na região analisada.

Profundidades entre 20m e 50m foram consideradas ideias no contexto estudado. Portanto, recomenda-se a fundação por tripé. Diversos estudos mostram que este tipo de fundação é apropriado para profundidades de transição e pode reduzir os efeitos ambientais do ruído de esteiras turbulentas.

#### 5. Conclusões

Este estudo trouxe possibilidades, bem como avanços na pesquisa para que o Brasil evolua na produção de energia renovável, podendo se tornar futuramente um competidor estratégico no mercado internacional, do ponto de vista tecnológico e econômico. No entanto, nota-se ainda a necessidade de maiores incentivos governamentais e empresariais para a construção desse caminho, bem como o desenvolvimento de pesquisas.

Este tipo de avaliação pode ser realizado por um grupo interdisciplinar em pouco tempo, considerando a disponibilidade de dados e técnicas de análise.

## Referências

1. Atlas Socioeconomico do Rio Grande do Sul. Geração e Transmissão de Energia Elétrica – RS. Disponível online: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/geracao-e-transmissao-de-energia> (acessado em 7 de outubro de 2020).
2. Azevedo, S. S. P.; Pereira Junior, A. O.; Silva, N. F.; Araújo, R. S. B.; Carlos Júnior, A. Assessment of Offshore Wind Power Potential along the Brazilian Coast. *Energies*. 2020, 13, 2557.
3. Bailey, H.; Brookes, K. L.; Thompson, P. M. Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems* 2014, 1–13. DOI 10.1186/2046-9063-10-8.
4. Beiter, P.; Musial, W. Terminology Guideline for Classifying Offshore Wind Energy Resources. *NREL* 2016, 1-24.
5. Biswal, Dr. Gouranga & Shukla, Dr Soorya. Site Selection for Wind Farm Installation. *IJREEICE* 2015. 3, ed. 8, 2321-2004. DOI 10.17148/IJREEICE.2015.3814.
6. Bresesti, P.;Kling, W. L.; Hendriks, R. L.; Vailati, R. HVDC Connection of Offshore Wind Farms to the Transmission System. *IEEE Transactions on Energy Conversion*. 2007, v. 22, p. 37-43.
7. Breton, S.P., Moe, G. Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. *Renew. Energy* 2009. 34 (3), 646–654.
8. Copernicus. Climate Data Store. Disponível online: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=overview> (acessado em 10 de julho de 2019).
9. Chaithanya, S.; Reddy, V.N.B.; Kiranmay, R. A State of Art Review on Offshore Wind Power Transmission Using Low Frequency AC System. *IJRER* 2018, 08, 01-09.
10. CLEANPNG. Disponível online: <https://www.cleanpng.com/png-offshore-windpark-rentel-wind-farm-wind-power-zeeb-1811360/preview.html> (acessado em 1 de julho de 2019).
11. Douvere, F.; Maes, F.; Vanhulle, A.; Schrijvers, J. The role of marine spatial planning in sea use management: The Belgian case. *Marine Policy*. 2007, 182 - 191.
12. Esteban, M. D. and Diez, J.J and Lopez-Gutierrez, J. and Negro, V. Why offshore wind energy?. 2011, v.36. DOI 10.1016/j.renene.2010.07.009.
13. Garvey, S.D. and Pimm, A.J. and Buck, J.A. and Woolhead, S. and Liew, K.W. and Kantharaj, B. and Garvey, J.E. and Brewster, B.D. Analysis of a Wind Turbine Power Transmission System with Intrinsic Energy Storage Capability. *Wind Engineering*. 2015, p. 149-173. DOI 10.1260/0309-524X.39.2.149.
14. MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence. Disponível online: <https://www.marinetraffic.com> (Acessado em 12 de dezembro de 2019).
15. Gruber, N.; Toldo, E.; Barboza, E.; Nicolodi, J. L. Equilibrium beach and shoreface profile of the Rio Grande do Sul coast - South of Brazil. *Journal of Coastal Research*, 2003.
16. Hao, E., Liu, C. Evaluation and comparison of anti-impact performance to offshore wind turbine foundations: Monopile, tripod, and jacket. *Ocean Engineering*. 2017. 130, 218–227.
17. International Renewable Energy Agency (IRENA). Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030. 2017. Disponível online: [www.irena.org](http://www.irena.org) (Acessado em 11 de maio de 2020).
18. Lund, I. A. Map-Pattern Classification by Statistical Methods. *Journal of Applied Meteorology*. 1963, p. 56-65. DOI 10.1175/1520-0450(1963)002<0056:MPCBSM>2.0.CO;2.
19. National Centers for Environmental Information (NCEI). Disponível online: <https://www.ngdc.noaa.gov/> (acessado em 10 de abril de 2020).
20. Pinho, P. de; Madureira, L.S.P.; Calliari, L.J.; Weigert, S.C.; Costa, P.L. 3D Bathymetry and acoustic seabed classification of Pelotas Basin, Brazil. 2016, p. 117-129. DOI 10.22564/rbgf.v34i1.863.
21. Pryor, S.C. and Barthelmie, R.J. (2001), Comparison of potential power production at on- and offshore sites. *Wind Energ.*, 4: 173-181. <https://doi.org/10.1002/we.54>
22. Richardson, D. The predictability of UK drought using European weather patterns. School of Engineering Newcastle University. Australia, 2019, p. 198.
23. Sánchez, S.; López-Gutiérrez, J.; Negro, V.; Esteban, M.D. Foundations in Offshore Wind Farms: Evolution, Characteristics and Range of Use. Analysis of Main Dimensional Parameters in Monopile Foundations. *J. Mar. Sci. Eng.* 2019, 7(12), 441. Disponível em <https://doi.org/10.3390/jmse7120441>.
24. Silva, A.J.V.C. Potencial Eólico Offshore no Brasil: Localização de Áreas Nobres através de Análise Multicritério. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2019.
25. Stehly, T. J.; Beiter, P. C. 2018 Cost of Wind Energy Review. 2020. DOI 10.2172/1581952.
26. Toke, D., 2011. The UK offshore wind power programme: a sea-change in UK energy policy? *Energ. Policy* 39 (2), 526–534.

27. Tozzi, H.A.M. and Calliari, L.J. Influências das Tempestades Extratropicais sobre o estoque de Sedimentos das Praias entre Rio Grande e Chuí, RS. 1997, p. 85-87.
28. Tuchtenhagen, P.; Carvalho, G.G. de; Martins, G.; Silva, P.E. da; Oliveira, C.P.de; Andrade, L.M.B.; Araújo, J.M. de; Mutti, P.R.; Lucio, P.S.; Silva, C.M.S. WRF model assessment for wind intensity and power density simulation in the southern coast of Brazil. 2020, v.190. DOI 10.1016/j.energy.2019.116341.
29. Yeter, B .; Garbatov, Y .; Guedes Soares, C. Avaliação de modelos de previsão de danos por fadiga para estruturas de suporte fixas de turbinas eólicas offshore. *Int. J. Fatigue* **2016**, 87, 71-80.