

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE: UM ESTUDO PARA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NA BACIA DE CAMPOS

Shirley Nunes, LAMET, Universidade Estadual do Norte Fluminense, shirleydnuness@gmail.com, Raquel Jahara Lobosco, Ipoli, Universidade Federal do Rio de Janeiro, rlobosco@macae.ufRJ.br, Edmundo Guimarães de Araújo Costa, COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, edmundo_costa@coc.ufRJ.br, Nikolas Lukin, Universidade Petrobras, nikolas.lukin@petrobras.br, Denner Ribeiro Machado, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, denner_ribeiro@yahoo.com.br,

Resumo

O processo de transição energética caracteriza-se, em linhas gerais, pela busca em diminuir a dependência de fontes de energia poluentes e não renováveis e aumentar a utilização de fontes de energia limpa, como a solar e a eólica. Dentro deste contexto, o presente estudo aborda a crescente necessidade de transição energética devido às mudanças climáticas e avalia a viabilidade de plataformas de petróleo e gás em estágio de descomissionamento para reaproveitá-las para a geração de energia eólica offshore como uma solução de reduzir o impacto ambiental associada ao seu processo de retirada de serviço, uma vez que seu retorno para terra é pouco factível. Neste trabalho, uma análise de dados meteorológicos georreferenciados em nove plataformas fixas em fase de descomissionamento na região da Bacia de Campos foi realizada para demonstrar o potencial de geração de energia eólica offshore nestas regiões. O presente estudo permitiu avaliar a disponibilidade e a viabilidade de geração de energia eólica offshore nas plataformas e sugere que novas análises de diversificação da geração de energia renovável incluindo solar e das marés também sejam consideradas como alternativa de reaproveitamento na região em novas análises.

Palavras-chave: Transição energética, Energia renovável, Eólica-offshore, Plataformas de petróleo.

1. Introdução

A chamada transição energética, de acordo com o artigo publicado na revista científica “Estudos Avançados”, é um processo que busca diminuir a dependência de fontes de energia poluentes e não renováveis, como o petróleo e o carvão, e aumentar a utilização de fontes de energia limpa com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover um futuro mais sustentável para o planeta.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Neste contexto, de acordo com informações da Agência Internacional de Energia, as emissões de CO₂ vem crescendo de maneira muito acelerada em países em desenvolvimento, enquanto que nos Estados Unidos e Europa observa-se uma leve tendência de queda (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021). Estima-se que até 2030, 45% das emissões de gás carbono sejam causadas pelos setores energéticos dependentes de combustíveis fósseis (MILLAIS, 2005). Dessa forma, a transição energética é considerada uma estratégia importante para combater as mudanças climáticas.

O Brasil tem adotado políticas públicas para incentivar a expansão das energias renováveis, através do Plano Nacional de Energia 2050 o qual prevê um aumento significativo na participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira. Entretanto, apesar dos avanços, o Brasil ainda enfrenta grandes desafios. Um dos principais desafios é a dependência do setor de petróleo e gás, que é responsável pela maior fatia da matriz energética brasileira. Além disso, há uma falta de investimentos em infraestrutura para a produção e distribuição de energias renováveis.

O descomissionamento é a última fase do ciclo de vida de uma estrutura offshore de exploração de petróleo e gás, sendo uma operação complexa e cara. Nesta etapa, as estruturas são retiradas de serviço e, em sua maioria, são deixados *in situ* diante da inviabilidade de transportá-los de volta para terra. É importante que as empresas se preparem adequadamente para o descomissionamento, a fim de minimizar os impactos ambientais e garantir a segurança das comunidades costeiras. Essa etapa é fundamental para garantir a responsabilidade ambiental da indústria de petróleo e gás.

Durante o processo de descomissionamento, a plataforma é desconectada das linhas de produção e transporte de petróleo e gás, e todos os equipamentos são removidos. Em seguida, os poços são permanentemente fechados e selados com cimento para evitar vazamentos no futuro (Kaiser e Liu, 2014). Além disso, de acordo com Mimmi et al. (2015), o descomissionamento de plataformas fixas precisa ser aprimorado no Brasil, já que poucas unidades foram removidas até o momento. Nos últimos anos, muitos campos petrolíferos chegaram ao fim de sua vida produtiva ou suas estruturas alcançaram a vida útil de projeto, que é em média de 20 a 30 anos.

A geração eólica, tem um grande potencial de retorno em energia que, entretanto, envolve um alto custo de instalação e manutenção. Neste cenário, o reaproveitamento das estruturas offshore de plataforma de petróleo e gás de poços improdutivos pode favorecer a geração de energia eólica offshore do país. Sua estrutura já estabelecida permite minimizar uma série de gastos de instalações com estrutura naval e criar a oportunidade de geração de energia limpa em uma região de alto impacto de carbono. Neste sentido, é possível compensar as emissões de gases de efeito estufa emitidos por uma empresa ou organização e incentivar ações que contribuem para a mitigação das mudanças climáticas. Em (Albuquerque et al., 2002) a

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

costa da bacia de Campos foi avaliada em multicritérios para implementação de fazendas de energia offshore.

Muitos países estão investindo nessa direção. Como exemplo podemos citar o Reino Unido que desenvolveu uma grande capacidade instalada de energia eólica offshore. Com mais de 10 GW de capacidade instalada já em operação e outros 10 GW em construção ou planejamento. Onde, em 2020 a energia eólica offshore gerou cerca de 10% da eletricidade consumida no país. Na Dinamarca, a energia eólica offshore contribui com cerca de 15% da produção total de eletricidade do país. A capacidade instalada de energia eólica offshore na Dinamarca tem mais de 12 GW em operação e uma quantidade adicional de 8 GW em desenvolvimento. Neste cerne, esses países têm desempenhado um papel fundamental na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias eólicas offshore avançadas, exportando conhecimento científico e tecnológico que permite expandir a capacidade produtiva desse setor tão promissor.

Apesar dos desafios, o Brasil tem feito progressos significativos na transição energética nos últimos anos. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a energia eólica e solar representaram as maiores expansões líquidas de capacidade instalada entre 2019 e 2020, com aumentos na ordem de 77,4% e 11,4%, respectivamente (ENERGY PUBLISHING BRASIL, 2021). A energia eólica, por exemplo, registrou crescimento de 10,9% de participação na matriz elétrica brasileira em dezembro de 2021 espera-se que a transição energética no Brasil continue a avançar nos próximos anos, impulsionada por políticas governamentais e investimentos no setor privado. Segundo o Ministério de Minas e Energia de 2021, o país tem o potencial para se tornar um líder na transição energética mundial.

A crescente adoção da energia eólica em âmbito global está em conformidade com os objetivos ambientais estabelecidos no Acordo de Paris, que busca limitar o aumento da temperatura global, resolver desafios ambientais e buscar alternativas aos combustíveis fósseis. Esse movimento em direção à energia eólica e outras fontes de energia renovável é essencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e combater as mudanças climáticas (IEA). Cabe notar que a geração de energia por meio de aerogeradores contribui para a redução das emissões de CO₂, como evidenciado no relatório da International Energy Agency (IEA). Ademais, o relatório "Wind and solar power generation: increasing its share in the EU's energy mix" do European Court of Auditors destaca os esforços da União Europeia para aumentar a participação de energia eólica e solar na matriz energética, ressaltando a importância dessas fontes de energia na transição para uma economia de baixo carbono.

A busca por fontes de energia renovável, como a energia eólica offshore, também tem relevância econômica. A Revista ECO 21 publicou o "Relatório Wind Force 12," que discute a segurança global como um dos benefícios da energia eólica, contribuindo para a redução da dependência de recursos energéticos não renováveis e aumentando a estabilidade energética. No contexto brasileiro, o Plano Nacional de Energia 2050 desenvolvido pela Empresa de

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Pesquisa Energética (EPE) traça um panorama abrangente das projeções energéticas para as próximas décadas, com destaque para a diversificação da matriz energética, incluindo a crescente participação da energia eólica no cenário nacional.

2. Fundamentação teórica

Esta pesquisa científica investiga a viabilidade do uso de fontes de energia eólica offshore na região da Bacia de Campos, ilustrada na Figura 1. A velocidade e a direção do vento foram analisadas na localização específica das Plataformas de petróleo fixas em fase de descomissionamento. O perfil do vento foi analisado através de dados georreferenciados na localização de 9 plataformas fixas de petróleo da Bacia de Campos em estágio de descomissionamento, conforme descreve a Tabela 1. O perfil do vento foi interpolado e analisado nos níveis de pressão 1000 HPa, 950 HPa e 900 HPa.

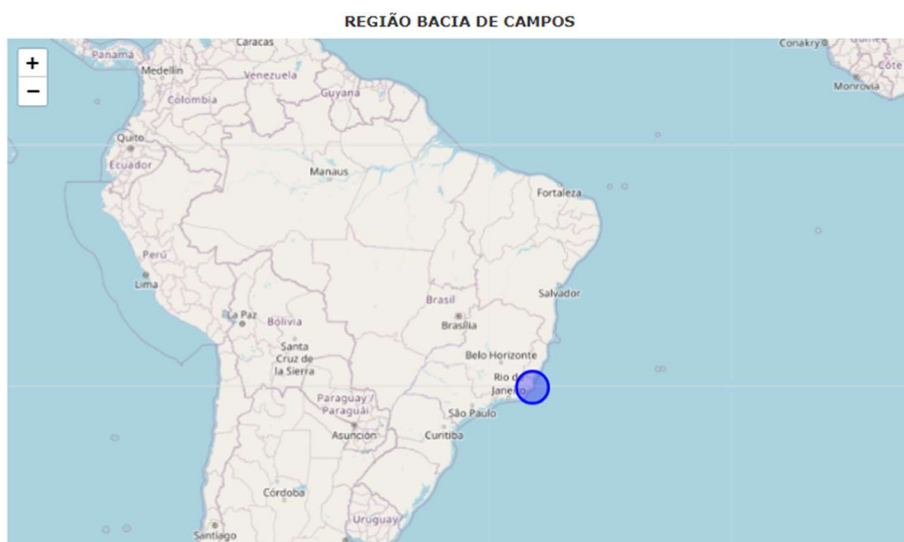


Figura 1 - Região da Bacia de Campos Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Lista das plataformas desativadas na bacia de Campos Fonte: Autoria própria

Plataforma	Latitude	Longitude
------------	----------	-----------

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

NAMORADO 2 (PNA-2)	-22.45073	-40.41175
PETROBRAS 26 (P-26)	-22.4684	-40.02869
PETROBRAS 32 (P-32)	-22.2051	-40.1431
PETROBRAS 37 (P-37)	-22.4868	-40.09779
PETROBRAS IX	-22.57358	-40.82192
PETROBRAS XIX	-22.3927	-40.05438
PETROBRAS XXXIII	-22.37	-40.0267
VERMELHO 1 (PVM-1)	-22.16065	-40.27872
VERMELHO 2 (PVM-2)	-22.17535	-40.29147

A partir do perfil construído, analisa-se o potencial P de geração eólica. Para efeito de cálculo, considera-se a densidade do ar $\rho = 1,225\text{kg/m}^3$ e a área de captura do aerogerador $A = 200\text{m}^2$ (que corresponde a um aerogerador de diâmetro de 16m) com uma eficiência para o aproveitamento da energia do vento de $ef = 0.45$. O cálculo do potencial de geração eólica é calculado pela Equação 1,

$$P = 0,5\rho Aw^3ef \quad \text{Equação 1}$$

onde w é a velocidade média do vento no nível de pressão nos locais analisados, obtida pela interpolação dos dados.

3. Metodologia

A direção e intensidade de vento em função do nível de pressão atmosférica foram obtidas da base de dados meteorológicos ERA5. Esta base de dados meteorológicos abrange todo globo terrestre e é produzida pelo Centro Europeu de Previsão do Tempo. Os dados são apresentados a Médio Prazo, com informações sobre as características do vento, da radiação solar e do tamanho de onda das marés. Deste modo, os dados foram parametrizados e analisados com o uso de scripts desenvolvidos e do software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), o QGIS. Finalmente, através do georreferenciamento e do posicionamento das plataformas fixas da região da bacia de Campos foi construída uma interpolação nestes locais para a determinação aproximada do potencial eólico.

A base de dados ERA5 é amplamente utilizada em pesquisas científicas, previsões meteorológicas, estudos de mudanças climáticas, análises de eventos climáticos extremos e

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

monitoramento de padrões climáticos. É considerada uma das fontes mais confiáveis e precisas disponíveis atualmente para o estudo do clima e da atmosfera por várias razões, seja por sua resolução espacial e temporal; ou pela sua capacidade de utilizar modelos de reanálise numérica que combinam observações de satélite, dados de estações meteorológicas e modelos atmosféricos de última geração. A base de dados também possui uma ampla gama de variáveis atmosféricas disponíveis.

4. Resultados

Esta pesquisa científica permitiu avaliar o potencial eólico da região da bacia de Campos e busca contribuir para o mapeamento da disponibilidade energética nacional. Os mapas ilustrados nas Figuras 2, 3 e 4 apresentam a intensidade média do vento, juntamente com a direção e com o potencial eólico calculado no ano de 2022 na Bacia de Campos em uma escala de cores. Os pontos em vermelho representam a localização das plataformas.

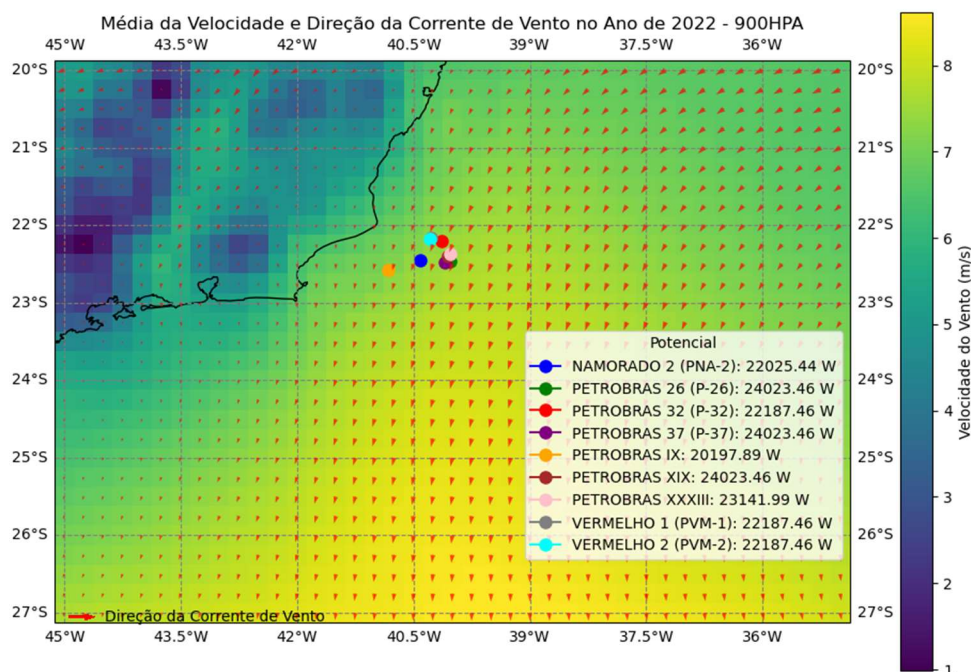


Figura 2 - Média de velocidade 2022 em 900 HPA, com potencial de geração. Fonte: Autoria própria

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

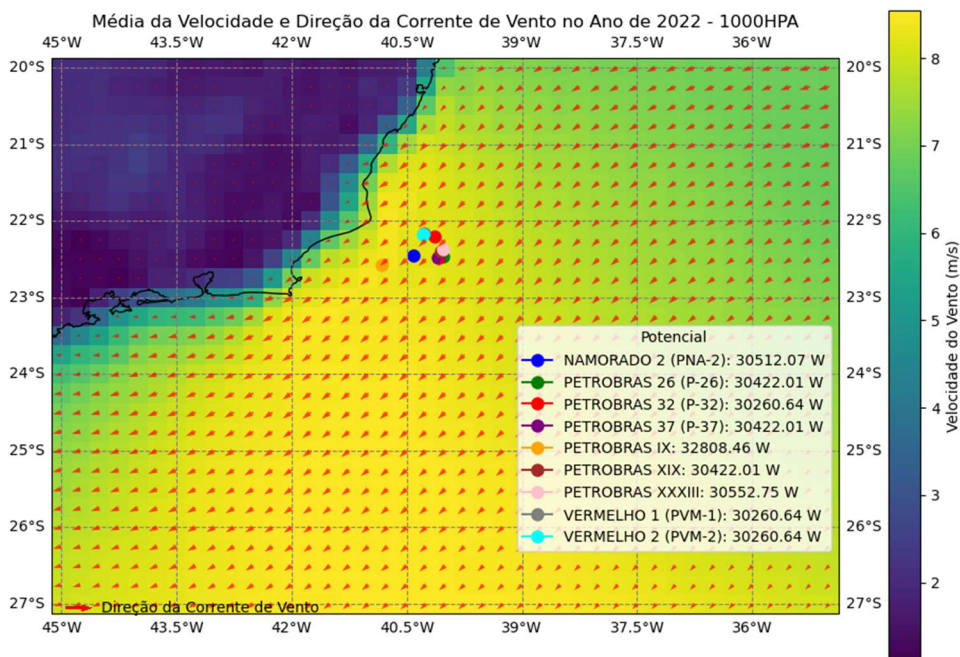


Figura 3 - Média de velocidade 2022 em 1000 HPA, com potencial de geração. Fonte: Autoria própria

Observa-se que, de acordo com o mapa, que as regiões das plataformas desativadas podem ser indicadas como alternativas eficientes para geração de energia eólica offshore nos 3 níveis de pressão analisados. A partir dos mapas é possível observar também que os ventos são mais fortes no nível de pressão atmosférica de 1000 hPa, conforme esperado. A altura dos aerogeradores pode ser investigada em detalhes de acordo com as variações do vento em relação à altura. O perfil da camada limite, a variação entre os valores máximos e mínimos atingidos pelo vento e o efeito das marés são características que devem ser consideradas e detalhadamente analisadas para definição da altura dos aerogeradores. São análises que fazem parte da segunda etapa desta pesquisa científica.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

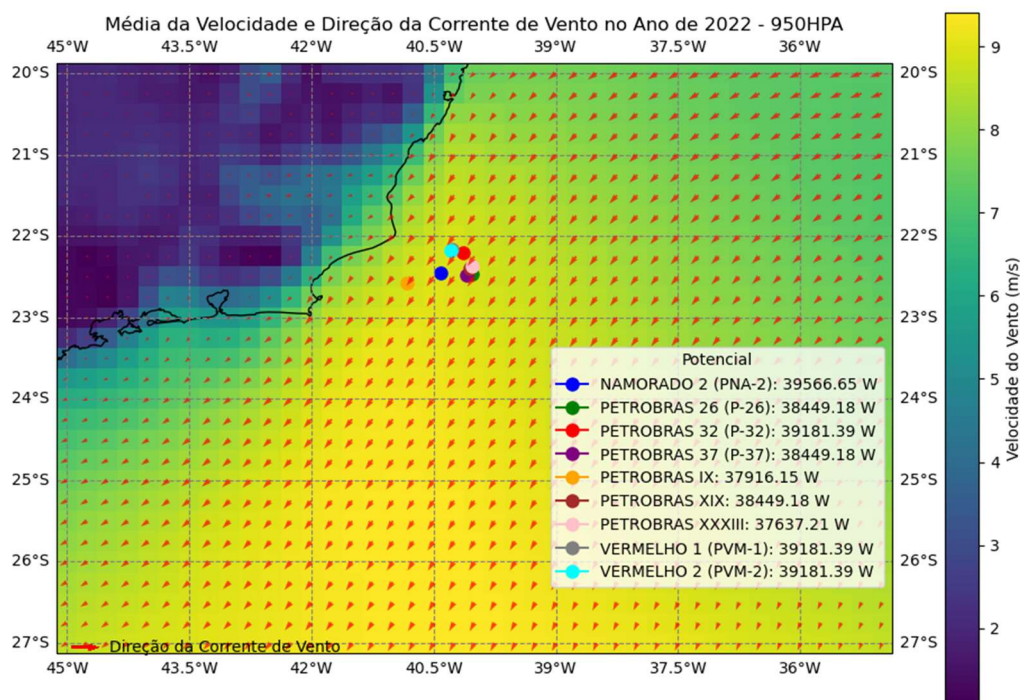


Figura 4 - Média de velocidade 2022 em 950 hPa, com potencial de geração. Fonte: Autoria própria

No gráfico da Figura 5 é possível observar o comportamento da velocidade do vento ao longo das estações do ano de 2022. O gráfico ilustra o comportamento do vento entre os diferentes níveis de pressão (900 hPa, 950 hPa e 1000 hPa) e permite avaliar os valores mínimos e máximos alcançados pelo vento em cada estação do ano. A velocidade máxima atingida pelo vento, de forma geral, é mais baixa no verão. A velocidade mínima do vento parece ter valores bem similares em todas as estações do ano. Na altura intermediária de 950 hPa, o vento oscila de forma muito mais significativa entre o valor máximo e o mínimo. Para alturas maiores a média da velocidade do vento se mantém mais uniforme. Para o caso de 900 hPa, é possível destacar uma significativa redução na velocidade mínima do vento com relação aos demais casos estudados, enquanto os valores da velocidade máxima do vento parecem não sofrer muita alteração. Também é possível observar que a primavera é a estação do ano com maior variação do vento.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

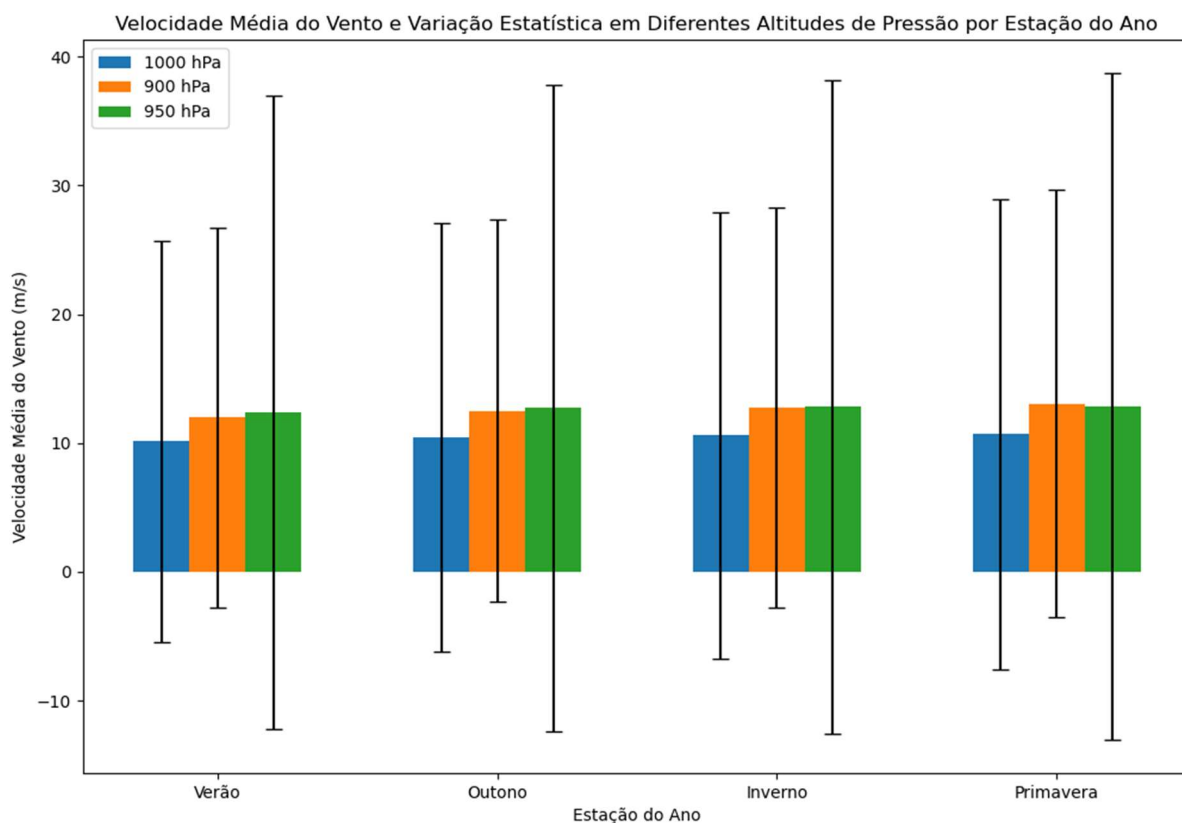


Figura 5 - Velocidade Média do Vento e Variação Estatística em Diferentes Altitudes de Pressão por Estação do Ano em 2022 Fonte: Autoria própria

Verifica-se que na maior parte do ano de 2022 a velocidade do vento se manteve dentro de valores considerados ideais para geração de energia eólica. De acordo com um artigo de LIMA (2015), a velocidade ideal do vento para gerar energia eólica offshore é entre 7 e 10m/s, dessa forma, é correto afirmar que a região tem um potencial promissor de geração.

Como uma forma mais interativa é possível ler o QR Code da Figura 6 e visualizar no mapa interativo, atualizado em tempo real, as plataformas e a intensidade média do vento naquele ponto.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito



Figura 6 - Mapa Interativo com Pontos das Plataformas Fonte: Autoria própria

5. Conclusões

A crescente motivação pela transição energética deve-se às mudanças climáticas provocadas pelas ações humanas. Neste trabalho, indicamos uma alternativa viável para plataformas de petróleo e gás em estágio de descomissionamento e abandono na Bacia de Campos, reaproveitando suas estruturas físicas para produção de energia eólica offshore, com o objetivo de mitigar o impacto ambiental. A análise de dados meteorológicos indicou que a localização das plataformas em estudo oferecem condições propícias para a geração de energia eólica, devido às condições meteorológicas do vento. Por outro lado, as plataformas desativadas na área representam uma infraestrutura já existente que pode ser reaproveitada para a fundação de parques eólicos offshore, resultando em uma diminuição de custos e riscos ambientais, além de compensar as emissões de carbono geradas na região. Dos dados obtidos pela plataforma ERA5, verificou-se que velocidades médias do vento para o ano de 2022 demonstram a disponibilidade energética de até 39,5kW por turbina instalada para a geração de energia eólica, especialmente nas áreas onde as plataformas estão localizadas.

Os resultados obtidos, apesar de incipientes, são relevantes para a energia eólica offshore e nos permitem direcionar futuras pesquisas e tomadas de decisão nesse campo promissor. Sugerimos a realização de estudos futuros para explorar a diversificação de fontes de energia, como energia solar e das marés, nas plataformas desativadas.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

6. Referências bibliográficas

Albuquerque, W.S.M., Lobosco, R.J., Lukin, N. (2022). Adequacy Map for Offshore Wind Farm Implementation in the Campos Basin Region in Brazil. In: Iano, Y., Saotome, O., Kemper Vásquez, G.L., Cotrim Pezzuto, C., Arthur, R., Gomes de Oliveira, G. (eds) Proceedings of the 7th Brazilian Technology Symposium (BTSym'21). BTSym 2021. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 295. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08545-1_27

BBC. Internacional. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-61421868>. Acesso em: 17 jul. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Setor elétrico brasileiro alcança recordes históricos e conquistas em 2021. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2022/02/setor-eletrico-brasileiro-alcanca-records-historicos-e-conquistas-em-2021>. Acesso em: 17 jul. 2023.

D'Universo. Disponível em: <https://www.duniverso.com.br/1073/>. Acesso em: 17 jul. 2023.

DW.COM. Quase metade da energia da Dinamarca já é eólica. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/quase-metade-da-energia-da-dinamarca-j%C3%A1-%C3%A9-e%C3%B3lica/a-51861816>. Acesso em: 17 jul. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Nacional de Energia 2050. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: 17 out. 2023.

ENERGY PUBLISHING BRASIL. Energia solar e eólica no Brasil: tendências tecnológicas e vantagens competitivas nacionais. EPBR, 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/energia-solar-e-eolica-no-brasil-tendencias-tecnologicas-e-vantagens-competitivas-nacionais/>. Acesso em: 17 jul. 2023.

EUROPEAN COURT OF AUDITORS. Wind and solar power generation: increasing its share in the EU's energy mix. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019. Disponível em: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/wind-solar-power-generation-8-2019/pt/index.html>. Acesso em: 17 jul. 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

IEA - International Energy Agency Disponível em: <https://www.iea.org/>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Global Energy e CO2 Status Report. Global Energy e CO2 Status Report, n. March, p. 1–29, 2019.

LIMA, Danielle Kely Saraiva de et al. Recurso eólico offshore - estudos de caso no Ceará. Estudos Avançados, São Paulo, v. 29, n. 83, p. 269-282, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/RTVwH7KyhtcgdPMGvDrCC3G/>. Acesso em: 17 out. 2023.

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

Relatório Especial - Geração de Energia Eólica e Solar Disponível em: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/wind-solar-power-generation-8-2019/pt/index.html>