

ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA COMO FONTE DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO PARA UMA BOMBA DE ELEVAÇÃO ARTIFICIAL OFFSHORE

STUDY OF THE DEPLOYMENT OF WIND ENERGY AS A SOURCE OF ENERGY SUPPLY FOR AN OFFSHORE ARTIFICIAL LIFT PUMP

ESTUDIO DE LA IMPLANTACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA COMO FUENTE DE SUMINISTRO ENERGÉTICO PARA UNA BOMBA DE ELEVACIÓN ARTIFICIAL OFFSHORE

Ana Carolina de Souza Alves^{1,2,3,4,5}, Carla Tainá Silva Modesto^{1,2,3,4,5}; Wanessa K. Lima e Silva^{1,2,3,4,5}, Trejo P.C⁶; Raúl Salinas-Silva¹⁰, Stefanny Camacho-Galindo¹⁰, Vando J. C. Gomes^{1,2,3,4,5}, Laura E. Guerrero-Martin¹⁰, Pedro Paulo de Freitas^{1,2,3,4,5,7}, Daniel Felipe Restrepo-Linarez^{2,9}, Silvério Sirotheau Corrêa Neto^{1,2,3}, William Alberto Guerrero^{11,12}

¹LOTEP Laboratorio de Operações e Tecnologias Energéticas Aplicadas na Indústria do Petróleo, Faculty of Petroleum Engineering, Federal University of Pará, Salinópolis, Brazil.

²LEEPER—Laboratório de Ensino de Engenharia de Poço e Reservatório, Faculty of Petroleum Engineering, Federal University of Pará, Salinópolis 68721-000, Brazil

³Department of Engineering, Federal University of Pará—Campus Salinópolis, Rua Raimundo Santana Cruz, 9 S/N, Bairro São Tomé, Salinópolis 68721-000, Brazil

⁴Grupo de pesquisa em Energia e Mar —Campus Salinópolis, Rua Raimundo Santana Cruz, 9 S/N, Bairro São Tomé, Salinópolis 68721-000, Brazil

⁵HIDROLAB—Laboratório de Hidráulica Ambiental Campus Salinópolis, Rua Raimundo Santana Cruz, 9 S/N, Bairro São Tomé, Salinópolis 68721-000, Brazil

⁶Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC, Lima, Perú

⁷LOF – Laboratório de Oceanografia Física —Campus Salinópolis, Rua Raimundo Santana Cruz, 8S/N, Bairro São Tomé, Salinópolis 68721-000, Brazil

⁹D&D American Consulting Group LLC, Rockville, Maryland


¹⁰Fundación de Educación Superior San José: UsanJose– Colombia.

¹¹SENA—Servicio Nacional de Aprendizaje, Bogotá Colombia.

¹²Universidad Santo Tomás, Bogotá Colombia.

*Autor de contacto: ana.alves@salinopolis.ufpa.br, carlamodesto7@gmail.com

Recibido: 02 de febrero, 2023. Aprobado: 17 de julio, 2023. Versión final: 18 de Julio, 2023.

Cómo citar: De Souza Alves, A. C., Silva Modesto, C. T., Lima e Silva, W. K., Trejo, P. C., Salinas-Silva, R., Camacho-Galindo, S., Costa Gomes, V. J., Guerrero-Martin, L. E., De Freitas, P. P., Restrepo-Linarez, D. F., Corrêa Neto, S. S., & Guerrero, W. A. (2023). Estudio da implantação de energia eólica como fonte de abastecimento energético para uma bomba de elevação artificial offshore. *Fuentes, el reventón energético*, 21(1), 95-104. <https://doi.org/10.18273/revfue.v21n1-2023007> 

Resumo

A elevação artificial é feita quando o índice de produtividade de um poço se encontra baixo, visando a melhoria de escoamento de um fluido do reservatório até a superfície é aplicado um método que melhor se enquadre para a elevação das pressões neste poço, consequentemente fazendo o fluido escoar. O método de elevação artificial denominado Bombeio por Cavidade Progressiva (BCP) é o segundo mais utilizado no Brasil, isso porque é o mais indicado para a produção de óleos bastante viscosos. Nele se faz presente um motor elétrico, o qual promove a rotação para o funcionamento do sistema como um todo. Dessa forma, a implantação de energia eólica surge como o gerador de energia para esse sistema que contribui para redução de custos operacionais. Com isso, o objetivo desse estudo é avaliar o comportamento dessa inserção de energia através do software System Advisor Model.

Palavras chaves: Elevação artificial, energia, energia eólica, escoamento, sistema.

Abstract

The artificial elevation is done when the productivity index of a well is low. Aiming to improve the flow of a fluid from the reservoir to the surface, a method that best fits the elevation of pressures in this well is applied, consequently making the fluid flow. The artificial lifting method called Progressive Cavity Pumping (BCP) is the second most used in Brazil because it is the most suitable for the production of very dense oils. It presents an electric motor, which promotes the rotation for the operation of the system as a whole. In this way, the implementation of wind energy emerges as the energy generator for this system which contributes to the reduction of operating costs. Thus, this study aims to evaluate the behavior of this energy insertion through the System Advisor Model software.

Keywords: Artificial elevation, energy, wind energy, flow, system.

Resumen

La elevación artificial se realiza cuando el índice de productividad de un pozo es bajo. Con el objetivo de mejorar el flujo de un fluido desde el reservorio hasta la superficie, se aplica el método que mejor se adapte a la elevación de presiones en ese pozo, haciendo que el fluido fluya. El método de elevación artificial llamado Bombeo por Cavidad Progresiva (BCP) es el segundo más utilizado en Brasil por ser el más adecuado para la producción de petróleos muy densos. Presenta un motor eléctrico, que promueve la rotación para el funcionamiento del sistema como un todo. De esta forma, la implementación de la energía eólica surge como el generador de energía para este sistema que contribuye a la reducción de los costos de operación. Así, este estudio tiene como objetivo evaluar el comportamiento de esta inserción de energía a través del software System Advisor Model.

Palabras clave: Elevación artificial, energía, energía eólica, flujo, sistema.

1. Introdução

Com a expansão populacional e o avanço de tecnologias, o setor produtivo está sendo forçado a gerar novas fontes de energia, visando realizar essa ação com qualidade e sustentabilidade, uma das alternativas é a utilização de energias renováveis (Goldemberg & Lucon., 2007). Essa alternativa poderá não apenas proporcionar uma produção de energias continua, mas também reciclar vias de matéria prima pouco exploradas como a energia solar, motriz, eólica e as hidrelétricas (Lavezzo, 2016).

Essas medidas devem ser tomadas principalmente para contornar a limitação dos derivados do petróleo, pois são provenientes de combustíveis fósseis, isso é, um recurso natural não renovável (Dos Santos., 2015). Mas apesar das suas particularidades, o petróleo ainda

é o combustível mais eficiente e economicamente viável nos dias atuais (Corrêa, 2015). A tendência atual é que com o avanço das pesquisas as outras fontes de energia, em especial as renováveis, possam ocupar cada vez mais as vias de abastecimento (Boff & Boff, 2017).

A implementação de energias limpas (fontes renováveis), está acontecendo em muitas áreas da indústria, isso inclui também a indústria do petróleo (Pereira et al, 2015). Os sistemas compensadores de energia são alternativos que sustentam os equipamentos assim como os sistemas da plataforma (Cuellar Sanchez, 2014). Dessa forma, o sistema elétrico pode ser sustentado com o uso de energia elétrica pela detecção de ondas do mar, sendo a energia maremotriz,

pelo sistema fotovoltaico implantado na plataforma e como também os campos de aerogeradores os quais promovem essa energia eólica (Da Silva Zebral, De Abreu Arêas & De Assis Silva; 2012).

As plataformas petrolíferas possuem uma alta necessidade de energia tanto para a utilização dos serviços essenciais dos trabalhadores quanto para o manuseio de maquinários que realizam a perfuração. A produção detém energias renováveis geralmente dispostas em geradores que conglomeram energia elétrica, os quais são capazes de atender a demanda plena de carga (Dias 2018), (Portillo Diaz et al., 2022).

Entretanto, a maioria dos casos que será necessário fazer uma mobilidade é então utilizada a energia elétrica, como no caso de elevação artificial pelo método de bombeio por cavidade progressiva (BCP). Esse método aciona um motor elétrico que produz rotação, com o intuito de liberar vazão dando uma maior produção de fluido (Lupinacci, 2022). Este artigo tem como intuito a utilização do software System Advisor Model para a avaliação e monitoramento do comportamento na inserção do sistema alimentado por energia eólica através da elevação artificial feita pelo método Bombeio de Cavidade Progressiva (BCP).

1.1. Antecedentes

A energia eólica surgiu como uma alternativa sustentável e promissora para o fornecimento de energia para plataformas de petróleo offshore. Em vez de depender exclusivamente de combustíveis fósseis, que contribuem para a mudança climática e geram emissões de gases de efeito estufa, as plataformas de petróleo estão se voltando cada vez mais para a energia eólica para reduzir sua pegada ambiental e melhorar sua eficiência energética (Martinez-Hernandez et al., 2022), (Muñoz Fernández et al., 2022).

As plataformas de petróleo offshore geralmente estão localizadas em áreas onde os ventos são fortes e constantes, o que as torna locais ideais para o aproveitamento da energia eólica. Ao instalar turbinas eólicas nessas plataformas, a energia cinética do vento pode ser capturada e convertida em eletricidade para alimentar as operações na plataforma.

A implementação de sistemas de energia eólica em plataformas de petróleo não apenas reduz a dependência de combustíveis fósseis, mas também oferece outros benefícios significativos. Em primeiro lugar, o uso da

energia eólica reduz as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de energia. Isso contribui para a mitigação da mudança climática e ajuda as empresas petrolíferas a atingir as metas de redução de emissões estabelecidas globalmente.

Além disso, a energia eólica oferece uma fonte de energia renovável e sustentável a longo prazo. À medida que os recursos petrolíferos diminuem, é essencial buscar alternativas energéticas viáveis. A energia eólica pode ajudar a diversificar a matriz energética das plataformas de petróleo e fornecer uma fonte de energia confiável e de baixo custo (Guerrero-Martin et al., 2023).

Um estudo publicado por Ge et al. (2020) examinou a viabilidade técnica e econômica da energia eólica em plataformas de petróleo. O estudo mostrou que a instalação de turbinas eólicas em plataformas de petróleo pode reduzir significativamente os custos operacionais e de manutenção de longo prazo, além de melhorar a sustentabilidade ambiental.

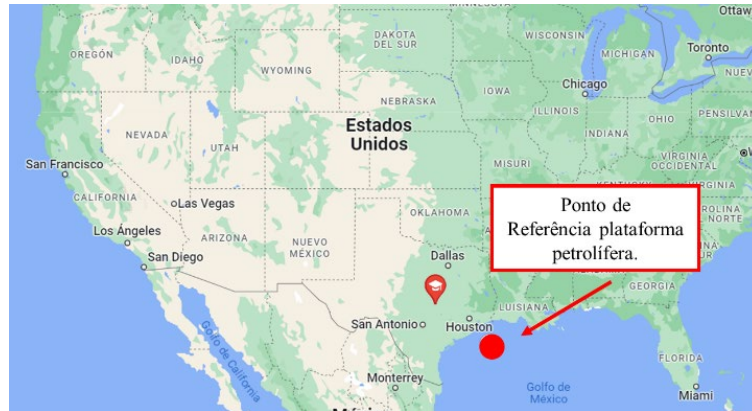
Outro exemplo de implementação bem-sucedida de energia eólica em plataformas de petróleo é o projeto Hywind, desenvolvido pela Equinor na Noruega. Esse projeto usa turbinas eólicas flutuantes em águas profundas para gerar eletricidade renovável e fornecer energia para instalações de petróleo e gás no Mar do Norte.

2. Metodologia

No presente artigo foram realizadas pesquisas com o propósito de fundamentar e explorar a utilização de energia eólica em plataformas petrolíferas. Considerando como objetivo principal desse artigo a avaliação de alimentação no bombeio por cavidade progressiva (BCP) com base na compensação de energia gerada pelos aerogeradores, a amostragem e detalhamento de dados foi possível com a aplicabilidade do software System Advisor Model (versão 2022.11.21), onde foram inseridas informações como a altura do cubo, diâmetro dos rotores e coeficiente de cisalhamento no tópico WIND.

2.1. Localização

Segundo o ponto de referência (Mapa 1), este estudo está focado no abastecimento energético de plataformas do golfo do México.



Mapa 1. Região do estudo (informação dos ventos)

2.1 Recurso do Vento

Inicialmente, foram utilizados o primeiro módulo sobre o recurso do vento, nele detalhados a latitude, longitude e elevação do nível do mar, no qual pode-se definir a posição da simulação realizada, que auxiliará na posição da simulação, o software SAM permite a elaboração de dados de georreferenciação. O recurso empregado no software trata-se Southwestern TX - flat lands (NREL AWS Truepower representative file), com grande abrangência é determinada a localização geográfica da turbina analisada, que será implantada no estado da Califórnia nos Estados Unidos, o qual é considerado o maior produtor de energias renováveis no país (Moreira & Cardoso, 2010). Nesse modo, obtivemos os dados do aerogerador para implementação de turbinas, com isso especificamos a altura do cubo que decorremos é de 107 metros; destrinchamos o diâmetro do rotor

especificando como 164 metros (Ahmed & Kim., 2013); por fim descrevemos do coeficiente de cisalhamento como 0.11 predito pelo software.

2.2 Simulação Numérica

No segundo módulo, discorreu-se sobre o funcionamento da turbina, a qual foi utilizada a turbina Vestas V-164, com capacidade de produção de 7,000.00 kW imposta pelo software. Contudo, a seleção da turbina geradora de energia precisa necessariamente estar em um espaço/posição a qual seja maior favorável abrangência de ventos, sendo assim projetando a orientação do motor conforme a propagação do vento, e conseqüentemente implantada a fazenda eólica, e com isso será configurada a capacidade geradora que irá utilizar em determinado parque eólico (Figura 1).

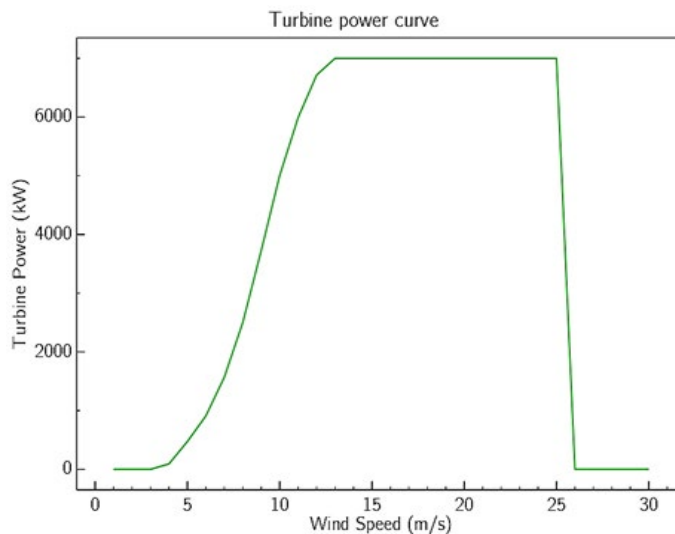


Figura 1: Curva de carga da turbina

2.3 Implementação de Parque Eólico

Nesta sessão distribuímos a implementação de uma turbina geradora, desse modo trataremos do layout do número de turbinas utilizadas, detalhando a implementação do parque eólico que foi utilizado apenas 1 aerogerador – tendo como capacidade de geração de 7,000.00 kW por mês – para substituir uma bomba de cavidade progressiva que consumirá

6711 kW mensalmente (Galdino, 2018). Neste caso verificamos a localização no estado da Califórnia nos EUA, com a geração de portfólio energético. Através do recurso do vento, distribuiremos o período e a frequência do vento nesta situação, a fim de detalhar o período dominante deste parque, sendo assim este período é a energia em segundos dessa frequência (Figura 2)

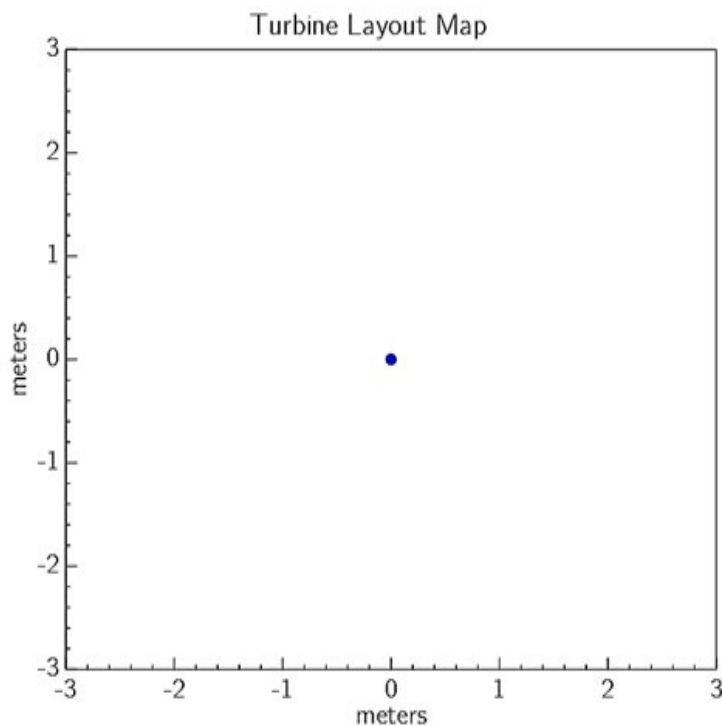


Figura 2: Orientação do parque eólico

3. Resultados e Discussões

Por meio de análises feitas no software SAM 2022.11.21 que desenvolveu os seguintes gráficos, ilustrando a geração de energia eólica, levando em consideração a movimentação dos ventos em localidades específicas, que no caso desta análise, ocorreu na Califórnia. E no subtópico LCOE (Custo Nivelado de Energia) foi possível obter parâmetros financeiros e a capacidade total de energia elétrica gerada.

3.1. Produção mensal de energia

Por meio das avaliações de capacidade de energia produzida mensalmente pode ser observado que a partir do mês de junho até setembro a produção de energia decresce, isso pode ser entendido por meio da ocorrência do verão americano, que se estende do período de junho a setembro, visto que quando se tem uma quantidade de calor alta não há ventos suficientes para conversão em energia elétrica, por esse motivo é perceptível o decaimento na produção de energia gerada nos meses de junho até setembro (Figura 3).

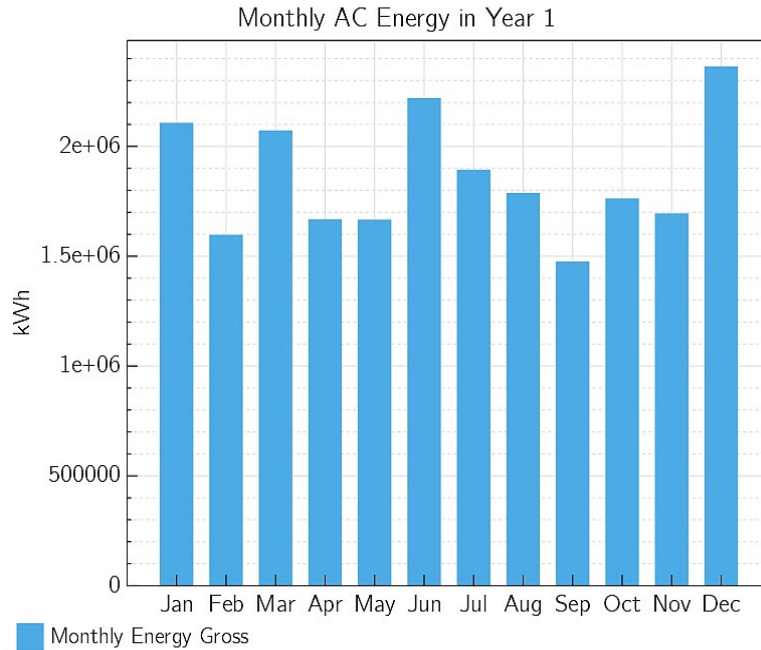


Figura 3: Energia produzida mensalmente

3.2. Mapa de calor da geração anual de energia elétrica

Através do Heat Map é possível identificar os kW de geração por meio de cores, onde se estão disponíveis no eixo x a época do ano e a hora do dia está no eixo y, os quais fazem a relação de como os

dados variam por hora do dia e por época do ano no presente gráfico. Contudo, se tem geração de energia adequada quando se tem a cor vermelho, a maior concentração de geração se encontra em junho, que teve um comportamento do vento adequado, e o mês de baixa geração, o qual é caracterizado pelo azul, se aproximando de 0 é o período entre setembro e outubro (Figura 4).

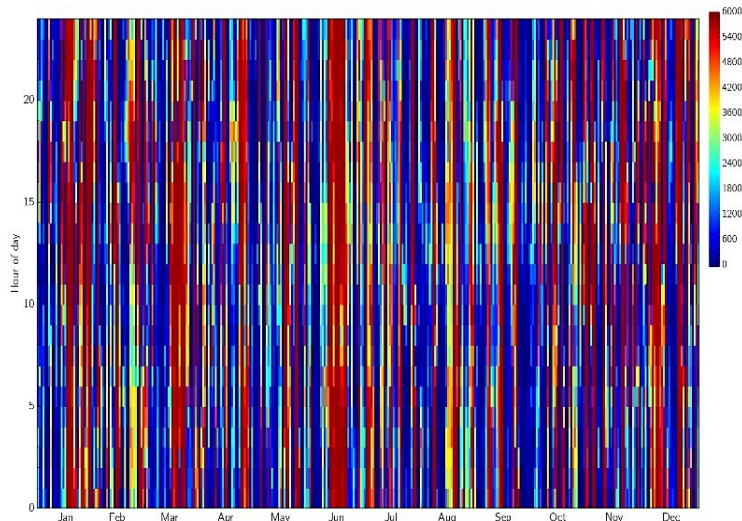


Figura 4: Heat Map

3.3 Mapa de calor da geração diária de energia

O mapa de calor de energia AC anual no primeiro ano, mostra que a produção de energia elétrica a partir de

aerogeradores será benéfica e apresentará uma queda apenas nos meses entre junho e setembro e dependerá da intensidade do vento, pois o mesmo varia durante o horário do dia (Figura 5).

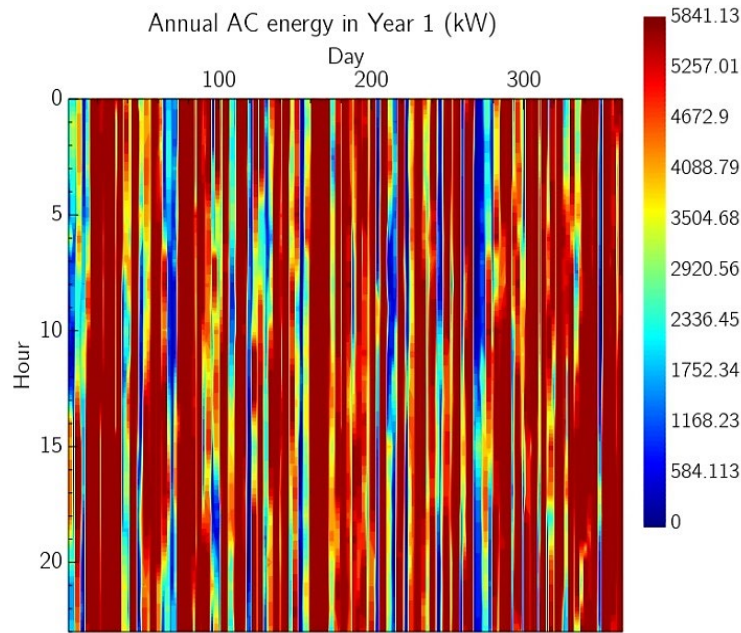


Figura 5: Mapa de calor da geração diária de energia

3.4 Geração anual de energia elétrica

A guia Perfil mostrará dados de série temporal como um perfil médio diário para cada mês do ano.

Posteriormente, foi visualizado um perfil anual, no qual foi calculado a partir da média de todos os perfis mensais disponibilizados no software (Figura 6).

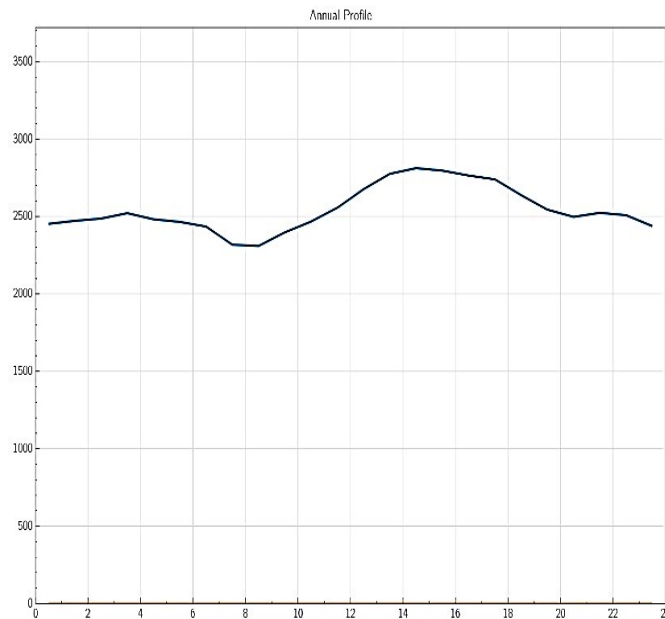


Figura 6: Geração anual de energia elétrica

3.5 Distribuição anual do vento na Califórnia, EUA.

A distribuição é dada pela quantidade de vezes que se repete o valor de velocidade, com isso, pode-se concluir

que para geração de energia, as velocidades que mais vezes estão presentes dentro de um determinado tempo são os valores de 3 até 7. Já os valores de 25,26, representam menos frequência (Figura 7).

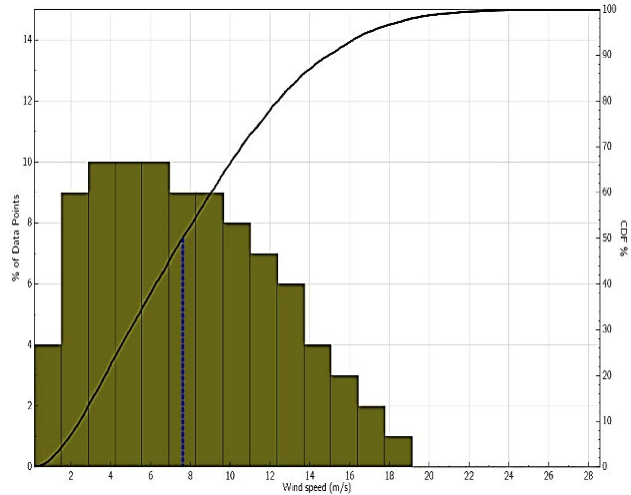


Figura 7: Distribuição anual do vento na Califórnia

3.6 Mapa de calor dos ventos anuais na Califórnia, EUA

O mapa de calor anual de vento na Califórnia mostra o conjunto de dados de série de tempo de um ano em uma

única representação gráfica bidimensional utilizando cores para indicar a magnitude (Figura 8).

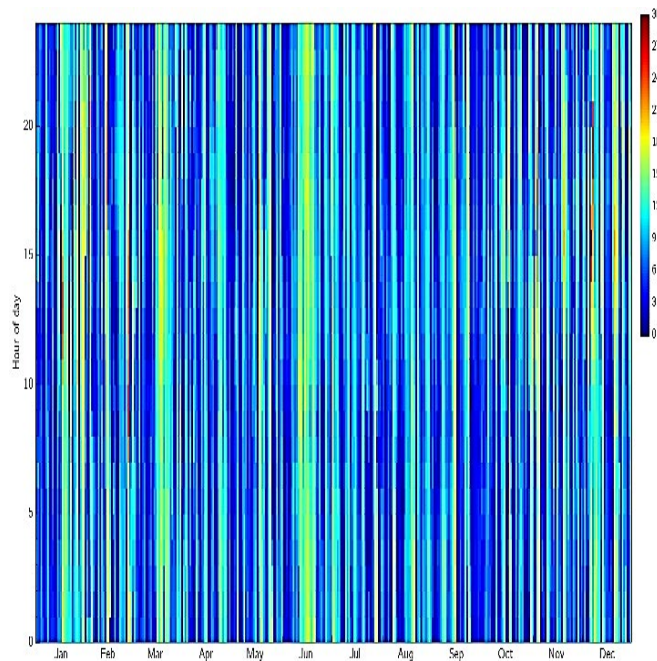


Figura 8: Mapa de calor dos ventos anuais na Califórnia

3.7 Determinação Financeira

Portanto, para uma concretização do objetivo, foi necessária uma análise de projetos preliminar onde por meios de parâmetros financeiros se obtém o cálculo da taxa de cobrança fixa, determinando se o empreendimento é viável ou não em relação a meios econômicos, neste aspecto foram detalhados os custos operacionais e os custos de capital com relação a taxa de cobrança fixa, para elaboração dessa determinada energia (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros financeiros da geração

| Parâmetros Financeiros | |
|------------------------------------|----------------|
| System Capacity | 18,000.000 kW |
| Capital Coost | 1,303.00 \$/kW |
| Fixed Operation Cost (annual) | 42.00 kW |
| Analysis Period | 20 years |
| Inflation Rate | 2.5% year |
| Internal Rate Of Return (nominal) | 13%/year |
| Project Term Debt | 60% |
| Nominal Debet Interest Rate | 4%/year |
| Effective Tax Rate | 28%/year |
| Nominal Construction Interest Rate | 3.5%/year |

4. Conclusão

Em conclusão, a energia eólica oferece uma solução promissora para o fornecimento de energia para plataformas de petróleo offshore. Além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a energia eólica fornece uma fonte de energia sustentável e ajuda a diversificar a matriz energética. Os estudos e projetos acima demonstram a viabilidade técnica e econômica da energia eólica em plataformas de petróleo offshore, apoiando sua adoção e desenvolvimento contínuo.

Ademais, a indústria petrolífera tem buscado alternativas que possibilitam a exploração dos recursos naturais minimizando o impacto ambiental. Dessa forma, sabe-se que o método de elevação artificial por meio do bombeio por cavidades progressivas (BCP), em localizações onde não há a presença de

energia elétrica, utiliza-se o motor à combustão. Sendo assim, no presente trabalho utilizou-se — por meio de simulações — a energia eólica como uma forma de substituir o BCP e diminuir os danos ao meio ambiente. Conclui-se, portanto, que a energia eólica não mostra-se tão favorável as condições do projeto — tendo em vista que o seu fator de capacidade no primeiro ano é de 36,4% — devido à instabilidade das correntes de ar, principalmente no período de verão, com o aumento da temperatura a velocidade dos ventos diminui, reduzindo a produção de energia elétrica.

Referências

- [1] Ahmed, M. A., & Kim, Y.C. (2013). Hybrid Communication Network Architectures for Monitoring Large-Scale Wind Turbine. *Journal of Electrical Engineering and Technology*, 8(6), 1626-1636. <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201333363222047.page>
- [2] Boff, S. O., & Boff, V. A. (2017). Inovação tecnológica em energias renováveis no Brasil como imperativo da solidariedade intergeracional. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, 8 (2), 282-302. <https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v8i2.16442>
- [3] Collin, A.J., Nambiar, A.J., Bould, D., Whitby, B., Moonem, M.A., Schenkman, B., Atcity, S., Chainho, P., Kiprakis, A.E. (2017). Electrical Components for Marine Renewable Energy Arrays: A Techno-Economic Review. *Energies*, 10 (12), 1973. <https://doi.org/10.3390/en10121973>
- [4] Corrêa, A. P. (2015) Industrialização, demanda energética e indústria de petróleo e gás na China. Cintra, M. A; Filho; E. B; Pinto, E. C (Orgs.). *China em Transformação: dimensões econômicas e geopolíticas do desenvolvimento*. Rio de janeiro: IPEA, p. 189-236.
- [5] Cuellar Sanchez, W. H. (2014). Compensador hidropneumático semiativo para sistemas de perfuração offshore. *Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) - Universidade de Brasília*, <https://repositorio.unb.br/handle/10482/18381>
- [6] Da Silva Zebral, D. E., De Abreu Arêas, G. S., De Assis Silva, J. (2012). Energia Eólica: o uso de energias renováveis nas plataformas de petróleo. *Bolsista de Valor*, 2, 55-62. <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/2395>

- [7] Dias, R. (2018). Análise da viabilidade de utilização de geração eólica offshore para eletrificação de plataformas de petróleo. *Dissertação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)*. https://www.ppgge.ufmg.br/diss_defesas_detalhes.php?aluno=1061
- [8] Dos Santos, P. R., Florentino, M. C., Bastos, J. L., Trevisan, G. V. (2015). Fontes Renováveis e não renováveis geradoras de energia elétrica no Brasil. *Conference paper - Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar*. https://www.researchgate.net/publication/342716427_Fontes_Renovaveis_e_Nao_Renovaveis_Geradoras_de_Energia_Eletrica_no_Brasil
- [9] Equinor. (s.f.). Hywind Scotland. <https://www.equinor.com/en/what-we-do/hywind-scotland.html>
- [10] Galdino, Yago de Lima. (2018). Estudo do dimensionamento de aerogeradores aplicado a métodos de elevação artificial. *Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte*. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/39447>
- [11] Goldemberg, J., Lucon, O. (2007). Energias renováveis: um futuro sustentável. *Revista Usp*, 72, 6-15. https://www.researchgate.net/publication/274360068_Energias_renovaveis_um_futuro_sustentavel
- [12] Guerrero-Martin, C.A., Fernández-Ramírez, J.S., Arturo-Calvache, J.E., Milquez-Sanabria, H.A., da Silva Fernandes, F.A., Costa Gomes, V.J., Lima e Silva, W., Dutra Valente Duarte, E., Guerrero-Martin, L.E., Lucas, E.F. (2023). Exergy Load Distribution Analysis Applied to the Dehydration of Ethanol by Extractive Distillation. *Energies*, 16 (8), 3502. <https://doi.org/10.3390/en16083502>
- [13] Lavezzo, C.A. (2016). Fontes de energia. *Revista Eletrônica Gestão em Foco, UNIFIA*, p. 102. https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/012_fontes_energia.pdf
- [14] Lupinacci, G.C. (2022). Análise do potencial eólico offshore da costa brasileira em plataformas de petróleo e gás. *TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Engenharia Elétrica*. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/240228>
- [15] Martínez-Hernández, J., Parra-Reyes, N., Guerrero-Martin, L. E., Camacho-Galindo, L. S., Salinas Silva, R., Guerrero, W. A., & Guerrero-Martin, C.A. (2022). Análisis DOFA para la evaluación del potencial de energía eólica en Colombia. *Fuentes, El reventón energético*, 20(1), 45–56. <https://doi.org/10.18273/revfue.v20n1-2022005>
- [16] Moreira, C.E., Cardoso, A.M. (2010). Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente. *Bolsista de Valor*, 1, 397-402. <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1853/1031>
- [17] Muñoz-Fernández, J. A., Beleño-Mendoza, W. A., & Díaz-Consuegra, H. (2022). Análisis del potencial del uso de hidrógeno verde para reducción de emisiones de carbono en Colombia. *Fuentes, El reventón energético*, 20(1), 57–72. <https://doi.org/10.18273/revfue.v20n1-2022006>
- [18] Pereira, M.E., Laurindo, Bruna de Souza Borges., Viana, C.A. (2015). Utilização da energia solar nas plataformas de petróleo e gás: critérios estabelecidos, metodologia e aplicações dimensionadas. *Bolsista de Valor*, 4. <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/6750>
- [19] Picolo, A.P., Rühler, A.J., Rampinelli, G.A. (2014). Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. *Revista brasileira de ensino de física*, 36 (4), 01-13. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400007>
- [20] Portillo Diaz, C.D., Montiel Hoyos, C.C., Montes-Páez, E.G., Guerrero-Martin, C.A. (2022). Wind Potential as an Opportunity for Energy Transition in Oil and Gas Industry: Colombian Caribbean Offshore Case of Study. *Offshore Technology Conference – OnePetro*. <https://doi.org/10.4043/31911-MS>