

VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DA TURBINA MINESTO DEEP GREEN NA BAIÁ DE SÃO MARCOS

FEASIBILITY OF INSTALLING THE MINESTO DEEP GREEN TURBINE IN SÃO MARCOS BAY

FACTIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE LA TURBINA MINESTO DEEP GREEN EN LA BAHÍA DE SÃO MARCOS

Mateus de Carvalho Fernandes¹
Rodrigo Sousa Campista Ferraz²

RESUMO: Nesse presente trabalho visa abordar a geração de energia marinha através dos oceanos de uma forma limpa e sustentável e com zero emissões de gases poluentes, com objetivo de desenvolver um parque de turbinas de correntes marítimas para a geração de energia elétrica e mencionar a respeito dos principais empreendimentos de conversão da energia dos oceanos em energia elétrica que foram implantados no Brasil. Realizar os estudos das marés, o que são, como são formadas, a sua previsão e também será abordado as correntes marítimas, como são apresentadas e algumas tecnologias de turbinas de corrente marinha existentes no mercado atual e em todo o mundo, e países com os maiores desenvolvimentos dessa tecnologia e uso. O estudo demonstra que a Baía de São Marcos tem um ótimo potencial de geração de energia elétrica proveniente das correntes marinha, e assim diversificando e fortalecendo a matriz energética brasileira.

1859

Palavras-chave: Energia Renovável. Energias das Marés. Correntes Marítimas. Tecnologias Marítimas.

ABSTRACT: This work aims to approach the generation of marine energy through the oceans in a clean and sustainable way and with zero emissions of pollutant gases, with the objective of developing a park of marine current turbines for the generation of electrical energy and mention about the main enterprises of conversion of the ocean energy into electrical energy that were implanted in Brazil. The study of the tides, what they are, how they are formed, their forecast, and also the sea currents, how they are presented and some technologies of marine current turbines existing in the current market and around the world, and countries with the largest developments of this technology and use will be addressed. The study shows that the Bay of São Marcos has a great potential for generating electricity from marine currents, and thus diversifying and strengthening the Brazilian energy matrix.

Keywords: Renewable Energy. Tidal Energies. Marine Currents. Marine Technologies.

¹Graduando em Engenharia Elétrica. Universidade de Vassouras -RJ. E-mail: mateusc4silva@gmail.com.

² Orientador. Graduado em Engenharia Elétrica. Universidade de Vassouras. Mestrado em Engenharia Química. UFRRJ. E-mail: rodrigo.ferraz@universidadevassouras.edu.br

RESUMEN: Este trabajo pretende abordar la generación de energía marina a través de los océanos de forma limpia y sostenible y con cero emisiones de gases contaminantes, con el objetivo de desarrollar un parque de turbinas de corrientes marinas para la generación de electricidad y mencionar los principales emprendimientos de conversión de energía oceánica en electricidad que fueron implementados en Brasil. Se abordará el estudio de las mareas, qué son, cómo se forman, su previsión y también las corrientes marinas, cómo se presentan y algunas tecnologías de turbinas de corrientes marinas existentes en el mercado actual y en todo el mundo, así como los países con mayor desarrollo de esta tecnología y uso. El estudio demuestra que la Bahía de San Marcos tiene un gran potencial para la generación de energía eléctrica a partir de las corrientes marinas, diversificando y fortaleciendo la matriz energética brasileña.

Palabra clave: Energías Renovables. Energías Mareomotrices. Corrientes Marinas. Tecnologías Marinas.

INTRODUÇÃO

Na atual era em que a humanidade se encontra, fontes de energia renovável vem a cada ano ganhando espaços e discursos nos centros de convenção científicas e mudanças climáticas, e com isso a alta demanda e crescente necessidade humana de energia elétrica, vem fazendo os líderes mundiais olharem para as suas respectivas matrizes energéticas.

1860

O aproveitamento das energias oceânicas mais especificamente as correntes de maré vem ganhando pontos de interesses e projetos pilotos ao redor do mundo, com grandes avanços tecnológicos como as turbinas de maré que usa o fluxo de correntes marinhas para a geração de energia elétrica, com instituição privadas e públicas empenhadas fazendo estudos e mapeamento marítimos, usando simulação matemáticas e modelagem computacional fazendo o desenvolvimento tecnológicos de turbinas marinhas é viabilizando a sua comercialização.

MÉTODOS

A World Energy Council estima que o mundo tenha 26.000TWh um potencial de produção de energia através das marés e fluxo de correntes oceânicas, mas tecnicamente viável esse potencial cai para 800 TWh (PNE2030, p 36, 2007).

As marés são movimentos de subidas e descidas do nível das águas do oceano devido principalmente pela atração gravitacional da Lua e o Sol. A posição desses

astros determina a alteração cíclicas na forma de amplitude das marés entre baixas e altas, as maiores marés são o alimento entre a Terra ,Lua e o Sol.

O efeito da Lua sobre a terra e quase duas vezes maior que a do Sol devido a sua a proximidade.

O posicionamento relativo desses astros determina alterações cíclicas na amplitude das marés (diferença de altura entre marés alta e baixa consecutivas), que alcança um máximo quando os astros estão alinhados (marés de sizígia, que ocorrem nas luas cheia e nova) e um mínimo quando estão em quadratura (marés de quadratura ou mortas, que ocorrem nos quartos crescente e minguante). (PNE2030, p 37, 2007)

Quando a combinação e alinhamento do Sol, Lua e a Terra, tendo as marés mais altas, (nos polos da terra as marés são mais baixas). Quando o Sol e a Lua estão perpendiculares entre si ocorre o inverso, nas regiões com influência da lua ocorre as marés mais altas e nas regiões do sol ocorre as marés baixas.

Em termos de magnitude, a maior maré do mundo ocorre na Baía de Fundy, no Canadá, com uma diferença de altura de mais de 16 metros entre sucessivas marés altas e marés baixas. Marés altas também foram encontradas no Reino Unido, França, Argentina e Rússia. (PNE2030, p 37,2007)

No Brasil o seu território é varrido por duas correntes marinhas da bifurcação pela corrente Sul Equatorial, do nordeste para o sul, a corrente do Brasil e corrente do nordeste e também a corrente Norte do Brasil (PNE2030, p 44, 2007).

As correntes Marinhas são grandes porções de água que agem de forma horizontais unidirecionais do oceano causado pelos ventos (superficiais, com até 1000 metros de profundidade), por diferenças de salinidade e de temperatura das águas (causadas de circulação termos salina, circulação oceânica global movida pelas diferenças de densidade entre as massas de água no oceano) e pelo o efeito Coriolis, pelo o efeito do movimento da Terra.

É faz as correntes girarem no sentido horário no hemisfério norte e no sentido anti-horário no hemisfério sul do planeta.

Existe várias formas de aproveitar e geração de energia proveniente dos oceanos são elas:

- Ondas
- Correntes de Maré

- Gradiente de Maré
- Gradiente de Temperatura.
- Gradiente de Salinidade.

A energia das ondas tem por consequência a influência dos ventos sobre a superfície oceânica, mas isso ocorre devido ao aquecimento do sol sobre a superfície dos oceanos não de forma uniforme devido a formato irregular terrestre e também pela a inclinação do eixo de rotação, os deslocamentos de grandes massas de ar sobre os oceanos traz o equilíbrio térmico sobre o planeta. A dinâmica do deslocamento de grandes massas de ar com a superfície do mar irá provocar perturbações, variando conforme a intensidade do ventos. (CISCO, KOCH, CONDOTTA, HOSTATTER, HARRAS, OLEINIK, PAIVA, ISOLDI, MACHADO, 2020)

A energia proveniente das ondas pode ser decomposta em energia cinética das partículas de água, as quais geralmente seguem trajetórias circulares, e energia potencial das partículas de água. (TOLMASQUIM, p 412,2017)

O gradiente de Salinidade ocorre em ambientes esturianos quando a o encontro das águas doces dos rios com a água salgada do mar, no momento em que esses dois corpos se encontra a um elevado potencial osmótico, podendo prozuir energia elétrica através de osmose , transporte de água através de uma membrana semipermeável ocasionando por diferença na pressão osmótica .

A Eletro-Diálise Reversa (RED) e a Osmose Retardada de Pressão (PRO) estão entre os processos identificados para converter a energia contida na diferença de salinidade em eletricidade.(TOLMASQUIM, p 416 , 2016).

O oceano é um grande captador de energia solar até porque 71% por cento da superfície terrestre é coberto por água a superfície dos oceanos tem a capacidade de absorver entre 24 a 25 ° C. Devido ao aquecimento que o sol exerce sobre as superfícies dos oceanos é criada uma diferença de temperatura da superfície com águas profundas. Esses recursos energéticos são mais encontrados em regiões tropicais, esse tipo de tecnologia ainda é necessário estudos, por causa do seu alto custo de geração de energia e uma complexa instalação de sua matriz. (TOLMASQUIM, p 416, 2016)

O funcionamento da usina é com base de um fluido de ponto de ebulição baixo com dois tubos que esteja um ligado na parte profunda do oceano e o outro ligado na

superfície, o fluido movimenta a turbina para a gerador de energia elétrica. A conversão térmica dos oceanos só pode ser gerada a partir de temperatura mínimas de 20º C e com profundidade de 1000 metros que se encontra temperaturas entre 4 e 5º C. (QUINTINO,2018)

Como foi dito “As marés são movimentos de subidas e descidas do nível das águas do oceano devido principalmente pela atração gravitacional da Lua e o Sol.” As usinas maremetriz tem a sua construção muito parecida com as usinas hidreletricas mais o seu funcionamento vem das variações dos ciclos das marés , a sua construção e feita em estuario uma barragem que armazenas as águas e depois elas são despejadas através dos ciclos de maré que acontece duas vezes por dia na maré enchente quando começa a geração com o sentido do oceano para a barragem ou pela maré vazante que acontece no sentido contrário da barragem para o oceano. (QUINTINO,2018)

“As correntes marinhas são grandes porções de águas que se desloca nos oceanos em várias direções” como dito .As Turbinas de Corrente de Maré tem o mesmo princípio de funcionamento das turbina eólicas , só que a sua fonte primaria para a geração de energia elétrica e a partir do movimento das correntes marítimas , grandes massas de água em movimento faz com que as pás das turbinas se mover , retirando a turbina do seu estado de inercia pela transferência da energia cinética, o seu tamanho podem ser menor pois a densidade da água e 4 vezes a densidade do ar atmosférico fazendo assim as turbinas de corrente de maré gerar mais energia elétrica do que as turbinas eólicas, em Lough região centro- leste da Inglaterra foi implantada a turba SeaFlow com uma capacidade de produzir 300 KW de potência a uma distância de 20 a 30 metros da costa e com uma potência nominal de 2,5 m/s.(WU, MONDADORI , MORAES SILVA ,2018,)

A existente no mercado , muitas empresas desenvolvendo tecnologias de turbinas de corrente de maré, visando sempre ampliar o uso dessas turbinas , alguns países já vem aderindo o uso dessas tecnologias vendo uma ótima oportunidade para ampliar as suas matrizes energética , alguns projetos de turbina já foram implantando pelo o mundo e trazendo resultados acima da média na produção de energia elétrica e isso vem dando passos largos para a comercialização desse tipo de tecnologias em largas escalas.

Será mostrado algumas das características de turbinas existente no mercado atual, para atender tipos de clientes e ambientes que essas turbinas irão ser instaladas.

Sistemas de turbina

- Axial (Horizontal): O eixo de rotação do rotor é paralelo ao fluxo de água de entrada (empregando lâminas do tipo elevador ou arrasto).
- Vertical: o eixo de rotação do rotor é vertical à superfície da água e também ortogonal ao fluxo de entrada de água (empregando lâminas do tipo elevador ou arrasto).
- Fluxo cruzado: o eixo de rotação do rotor é paralelo à água superfície, mas ortogonal ao fluxo de água que entra (empregando lâminas do tipo elevador ou arraste).
- Venturi: Água acelerada resultante de um sistema de estrangulamento (que cria gradiente de pressão) é usado para executar uma turbina em terra.
- Vórtice gravitacional: o efeito de vórtice induzido artificialmente é usado na condução de uma turbina vertical. (KHAN, IQBAL, BHUYAN,2009).

1864

O oceano tem recursos energéticos viáveis para a sua exploração, a água do mar e em média 800 vezes mais densa do que o ar atmosférico e isso mostra que a uma concentração de energia no oceano bem considerável.

Para efeitos de entendimento as turbinas eólicas tem o seu funcionamento de operação em velocidades de 2 e 15 m/s que isso faz a sua limitação a densidade de potência entre 3 e 1.220 W/m².

A potência dessas turbinas entre 15 e 25 m/s é mantida constante por seu controle e para velocidades acima de 25 m/s (cut-out-speed), a sua geração de energia e nula.

Já nas turbinas de Correntes de Maré e bem diferente com velocidades das correntes marinhas supera a velocidade nominal do projeto nas épocas sizígia as turbinas mantem a sua geração máxima de energia elétrica. (PNE, p 49, 2030).

A Turbina de Corrente de Maré tem os mesmos princípios das turbinas eólicas, devido o seu funcionamento na conversão de energia cinética em energia mecânica através de um fluido em movimento que nesse caso a água, a turbina pose ser calculado

através das equações (6) e (7) potenciais hídricos e mecânicos com as suas áreas varrida pelas pás da turbina.

A modelagem de cálculo da potência hídrica extraível:

$$E = \frac{m \cdot V_0^2}{2} \quad ((1))$$

$$m = \rho \cdot Q \quad (2)$$

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot V_0^2}{2} \quad (3)$$

$$Q = A \cdot v \quad (4)$$

$$A = \pi \cdot R^2 \quad (5)$$

Potencial Hídrico.

1865

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V_0^3 \quad (6)$$

Potencial Mecânico.

$$P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V_0^3 \quad (7)$$

ρ = densidade da água (kg/m³);

A = Área varrida pelas pás;

V_0 = Velocidade das correntes de mar;

C_p = Coeficiente de Desempenho;

Q = Vazão em m³/s;

m = massa de água que incide na turbina; (GOMES,2014)

Em seguidas serão apresentados alguns sistemas de aproveitamento da energia das correntes hídricas, desenvolvidas por empresas e organização especializadas nesses tipos de tecnologia.

A Open Hydro fundada em 2005 na cidade de Dublin na Irlanda foi a primeira empresa a apresentar a sua turbina de teste de maré no (EMEC) European Marine Energy Center. O seu equipamento apresentado com uma capacidade de produzir 250 KW. O primeiro país a conectar em suas redes foi a Escócia e posteriormente o Reino Unido, sendo a primeira a gerar eletricidades com sucesso.

A turbina tem 6 metros de diâmetro foi fixado em dois pilares de aço ao fundo do mar, isso permite descidas e subida da turbina com facilidades, em dois guinchos hidráulicos de 15 toneladas assim fazendo redução de custos de manutenção e atualização do equipamento, em abril de 2014 na sua 7^a geração a turbina acumulou mais de 10.000 horas consecutivas em tempo de atuação, enquanto avança em novas tecnologias e projetos maiores no Canada e na França. (Open Hydro,2022)

De propriedade da Siemens a Marine Corrente Turbine (MCT), foi fundada em 1999 sendo a pioneira e líder mundial em tecnologias de energias das marés.

No ano de 2003, em Lymouth na Inglaterra a MCT instalou a sua primeira turbina de maré do mundo offshore; SeaFlow com a capacidade de produzir 300 KW. Em 2008, foi concluída a instalação e comissionamento da primeira turbina em escala comercial do mundo a SeaGen S com a capacidade de produzir 1.2MW de potência na Irlanda do Norte em Strangford Narrows. A turbina SeaGen S e capaz de enfrentar os desafios ambientais de operar em ambientes subaquáticos offshore ela e construída com dois rotores de 20 metros de diâmetro capaz de varrer 628 m² para os dois rotores, com uma torre tipo aço tubular cilíndrico, altura do cubo adaptado para profundidade/navegação com um peso total de 60 toneladas e com a velocidade de maré de corte 1 m/s potência nominal de 2,5 m/s. (Marine Current,2022).

Hammerfest Strom AS, e uma empresa norueguesa em parcerias com ABB, Rolls Royce e Sintef e bem como a Statoil, que juntas desenvolveu a primeira turbina de maré conectada é rede, com uma potência de 300 KW. O seu primeiro protótipo foi instalado em 17 de setembro de 2003 na Kvalsundet uma comuna da Noruega e fora de

Hammerfest. A estrutura pesa 120 toneladas e tem as suas bases de gravidade de 200 toneladas, as suas turbinas de três pás e construídas em plásticos reforçados com fibra de vidro e medem 10 metros do cubo até as pontas. As turbinas são feitas para serem livres de manutenção durante três anos, mas os mergulhadores podem ter acesso a ela quando for necessário (Hammerfest Strom,2022).

A Clean Current Power Systems foi pioneira no desenvolvimento de turbinas hidro cinéticas. Depois de 14 anos de desenvolvimentos e pesquisas, a Clean Current projetou turbinas marinhas para ambientes hostis, a empresa desenvolveu quatro protótipos, mais só dois foi operados e entrou em forma de comercialização, todos tem 14 metros de diâmetro com uma potência de 1 MW a 65 MW. A primeira turbina de maré está operando no Canadian Hydrokinetic Turbine Test Center em Manitoba uma província localizada no centro longitudinal do Canadá as turbinas são projetadas para profundidades rasas de 25 metros ou menos, visando para o mercado de marés rasas com correntes de 3,5m/s (Clean Current,2022).

A Lunar Energy foi fundada em 2001 em Heesle no Reino Unido, o seu nome e derivado com a força gravitacional da lua que ela exerce sobre o mar assim gerando as marés.

1867

A empresa anunciou planos para construir um grande parque de 300 turbinas produzindo 300 MW de potência na hidrovia de Wando Hoenggan na Correia do Sul a empresa detém licença mundial para a Rotech Tidal Turbine (RTT) cada turbina tem uma capacidade de produzir 1MW tem 11,5 metros de diâmetro com um comprimento de tubo de 19,2 metros com o diâmetro de 15 metros e um motor hidráulico com o gerador, e uma turbina de corrente de maré de eixo horizontal. (Lunar Energy,2022)

Verdant Power uma empresa Norte Americana foi fundada no ano 2000 com a sua sede em Nova York pioneira em desenvolvimento, tecnologias e projetos que geram energia através de correntes marinhas em oceanos e rios.

O projeto Reosevelt Island. Tidal Energy (RITE) no East River da cidade de Nova York e outras iniciativas no mundo, através disso a empresa desenvolveu a sua capacidade no setor e nas áreas de projetos e operações de sistema de energia marinha. Essa experiencia levou a Verdant Power no seu projeto Free Flow para uma classe

comercial (Gen5) uma turbina de quinta geração. No ano de 2012 recebeu o seu primeiro projeto comercial de energia maremotriz nos Estados Unidos. Em 22 de outubro de 2020 a Verdant Power instalou de forma simultaneamente uma série de três turbinas no rio East River, esse foi o primeiro projeto licenciado dos EUA, a turbina tem uma capacidade de gerar 35KW de potência. (Verdan Power,2022)

Criada em 2015 a empresa Neptune Renewable Energy Ltd, com a sua sede na Inglaterra anunciou o seu projeto Proteus NP1000 uma turbina de escala comercial , o seu primeiro teste foi no estuário Humber na Inglaterra ,o projeto pesando mais de 150 toneladas e com 20 metros de comprimento com uma boca de 14 metros o NP1000 consiste em cascos flutuantes de aço , com uma turbina montada de formas vertical com rotor de 6m x 6m com as suas turbinas sendo controladas por um computador , os engenheiros da empresa afirma que a turbina Proteus NP1000 será capaz de produzir 1.000MWh/ano. (Neptune Renewable,2022)

Observa-se que as tecnologias mais usadas para a geração de energia maremotriz são de eixo horizontais por causa da maior experiência adquiridas pela a geração eólica, entretanto grandes centros acadêmicos vêm a cada dia fazendo testes e estudos porque as condições de fluxo são diferentes, para fazer a exploração marítimas as turbinas precisam ser feitas de matéria específicos, e importante avaliar perturbação e o comportamento exercido da água sobre a turbina. (GERMAIN,2008)

1868

Como foi bem observado e demonstrado, cada turbina são existentes tipos de fixação no fundo do mar dependendo da sua construção e qual profundidade que a turbina vai ser instalado os modelos de fixação são de forma mono-pilar, estacas ou bases de gravidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil e considerado o 5º maior país do mundo, a oitava maior economia com uma extensão territorial de 8.515.767 km² e com uma população de 212.559.417 habitantes, o país tem dimensões intercontinentais e com uma costa litorânea de 7.491km. (SHADAN; SILVA; FALLER; WU; ASSAD; LANDAU; LEIESTEFEN,2019)

Uma vantagem que o Brasil tem em relação a exploração de recursos oceânicos em águas profundas, todas essas experiências adquiridas por empresas petrolíferas que a anos vem desenvolvendo estudos para exploração de petróleo, pré-sal e gás natural e com isso ajudara para explorarmos os recursos energéticos existente no oceano como a manutenção de equipamentos offshore, desenvolvimento de turbinas cem por cento brasileiras feitas em solo nacional trazendo formas de empregos formal e informal e investimento privado. No Brasil existe dois projetos desenvolvidos por universidades brasileiras quer são eles conversor hiperbárico feito pela UFRJ Universidade Federal do Rio de Janeiro e o projeto da usina maremotriz de Bacana desenvolvido pela Universidade Federal do Maranhão. (Florêncio, Trigoso,2020)

Pesquisas estimasse que o potencial brasileiro energético, levando em considerações apenas ondas e a marés, e de 114GW e que isso poderá contribuir para a ampliação da demanda de energia e para a diversificação da matriz energética brasileira, isso mostra que o Brasil não fica atras de outros países que estão investindo nessa tecnologia para extração de energia elétrica através dos oceanos. (Florêncio, Trigoso,2020)

O foco deste trabalho e mostra uma implementação de um parque de turbinas de correntes marítima na região nordeste.

No que diz a respeito em relação de energias renovável a matriz energética brasileira é uma das mais limpas do mundo com uma produção de 45%, um indicador que são mais de três vezes superiores ao mundial. Isso mostra o crescimento na matriz de energia limpa brasileira, honrando o compromisso assumido na Cúpula do Clima, de antecipar a neutralidade climática de 2060 para 2050. (SHADMAN; SILVA; FALLER; WU; ASSAD; LANDAU; LEVI; ESTAFEN,2019)

Entre os países pertencentes do BRINCS que são formados por (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), mostra o Brasil em primeiro lugar com a maior produção limpa de energia. (IPA.GOV,2021)

Em 1970 no litoral de Maranhão foi construída uma barragem no estuário de Bacanga com a intenção de ligar São Luís até a porto de Itaqui. Visando que o local tinha uma variação ideal de altura de maré até 6,5 metros, no ano da sua construção,

muitos estudos foram realizados para ver se a possibilidade de aproveitamento para a geração de energia elétrica. (NASCIMENTO,2017)

O projeto em si parecia muito promissor, mas ele não foi implementado por vários motivos um deles foi a ocupação populacional de forma desorganizada trazendo risco para a população que morava em volta da barragem e também por questão financeira. Por causa da ocupação desordenada a barragem teve que se limitar na sua produção de energia o reservatório só poderá oscilar em torno de 2,5 a 4,6 metros e produzir energia na maré vazante quando ocorrer o fluxo no sentido da barragem. (FLORÊNCIO, TRIGOSO,2020)

O funcionamento da uma barragem de maremotriz ocorre em quatro ciclos o primeiro ciclo e quando a maré está baixa e as turbinas gera energia no sentido da barragem para o oceano, no segundo ciclo não haverá geração por causa da pequena diferença de nível , só no terceiro ciclo que começa a geração com o sentido do oceano para a barragem, e por fim no quarto ciclo haverá a maior elevação da maré nesse ocorre o sentido contrário das repetições, as turbinas de uma barragem maremotriz ela tem o seu funcionamento de forma diferente das convencionais , turbinas existentes no mercado , o seu funcionamento e tanto no sentido horário ou sentido anti-horário.

1870

O Brasil também comporta uma usina de energia geradora através do movimento das ondas o único projeto existente no hemisfério sul, esse projeto fica localizado no estado de Fortaleza e fica a 60 km de Pecém, um terminal portuário que fica na costa do nordeste brasileiro, estilo offshore, o projeto foi feito pelo (COPPE) Instituto Alberto Luiz Coimbra e teve a participação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Esse projeto consiste com dois flutuadores uns interligados a um braço articulados metal que fica preso no solo e cada unidade tem uma capacidade de gerar 50 KW de potência mais esse projeto não foi muito longe por causa do seu alto custo e não valeria a pena de ampliar esses tipos de plantas geradoras de energia através das ondas por seu baixo retorno financeiro. (NASCIMENTO,2017)

O funcionamento da usina tem como na transferência da energia que e gerada por causa das oscilação das ondar do mar para o flutuador que está ligado nos braços , quando as oscilação faz com que a alavanca aciona uma bomba hidráulica conectada a um circuito contendo agua doce e faz ela circular com uma alta pressão e depois vai

um acumulador hidropneumático a água e ar são altamente comprimidos na câmara hiperbárica a água sai nas câmara pressão fazendo assim mover a turbina chamada de Pelton que ela está conectada a um gerador de energia elétrica.

O trabalho propõe que seja estudado a possibilidade de instalação da Turbina Minesto Deep Green no Estado do Maranhão, por tanto foi escolhido essa localidade com um potencial para essa instalação sendo a Baía de São Marcos, foram estudadas as características geológicas e marítimas para chegar a uma conclusão da possibilidade da instalação, e o impacto dessa nova geração.

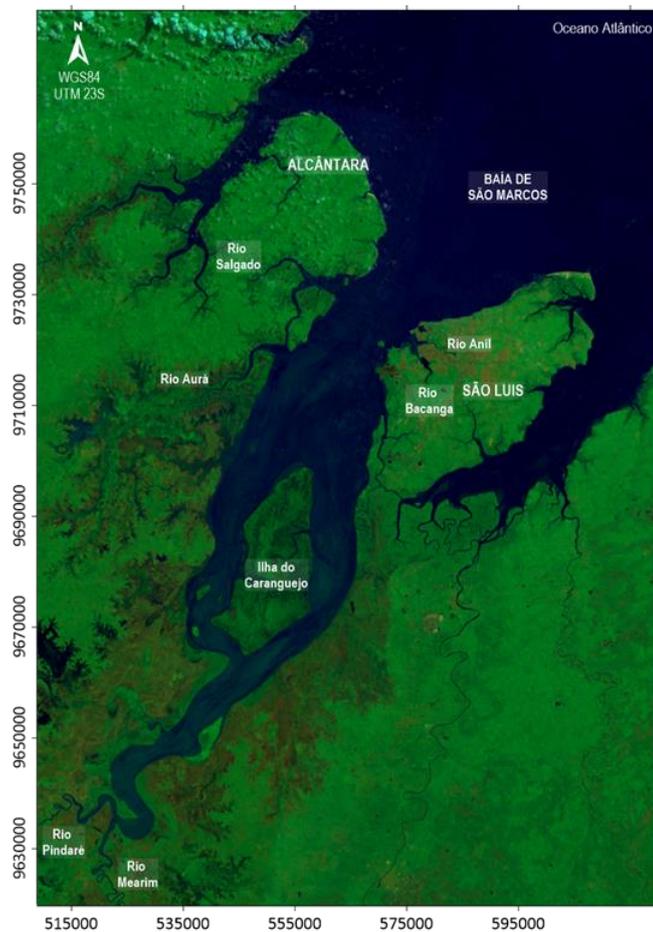
A Baía de São Marcos é considerado o segundo maior complexo portuário da América do Sul esse complexo portuário vem passando por uma modernização da quase 10 anos, as maiores movimentação de cargas são especialmente de minério de ferro em destaque são Porto de São Luís, Porto de Itaqui, terminal de Ponta da Madeira e terminal da Alumar.

Infelizmente na região de São Luiz o despejamento de resíduo tem sido um dos maiores agentes causadores da poluição da água trazendo um alto risco para a vida marinha.

Na (Figura-1) observa-se a localização no estado do Maranhão onde fica instalada a baía de São Marcos, entre latitudes 2.3°S e 3.3°S e longitudes 44.1°W e 44.9°W. A Baía se constituiu num estuário com uma área total 23,600km² e com um comprimento total de 130km e com trechos superiores a 20 km de largura.

A sua entrada é larga e estreita no seu interior, medindo 50 km da sua embocadura, que se estreita para 15 km no ponto central da Baía entre Alcântara e Ponta de São Marco, e voltando a se enlanguescer novamente cerca de 25 km antes das Ilhas do Caranguejo e voltando há se estreitar para 1,5 km na direção dos rios Pindaré e Mearim. (VASCONSELOS, ROSMAN, P.A, ROSMAN, P.C, NZUALO, ANDRADE,2018,)

Figura 1- Baía de São Marcos



1872

Fonte: Projeto Baias do Brasil,2018

A Baía de São Marcos tem a sua importância para a economia Brasileira e local, como foi dito e considerado o segundo maior complexo portuário da América Latina e com um crescimento de melhorias responsável por escoar mercadorias.

É semelhante a quase todos os estuários, um rio se junta ao mar, fazendo assim uma renovação de águas novas quando ocorre pelas as marés e pelos os rios afluente fazendo a baía está sobre o domínio de macro maré, e tendo pouca vazão de água doce como ocorre no prisma de maré.

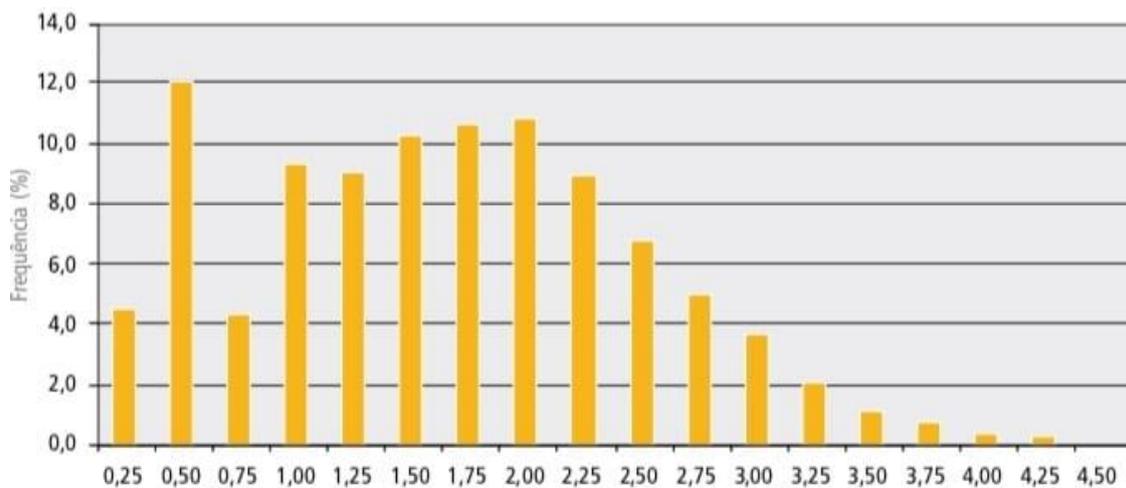
Nos resultados fica evidente a influência da sazonalidade na renovação da água na BSM. Na estação chuvosa a vazão fluvial imediatamente após a confluência dos rios Mearim e Pindaré chega a ser 17 vezes maior que na estação seca, assim, ela acelera a renovação na região sul da baía. Tal renovação chega a 100% na Confluência Mearim-Pindaré logo no segundo dia de simulação, enquanto na estação seca, essa região se renova completamente após 40 dias.

Durante a estação seca, observa-se que a última região a se renovar localiza-se no trecho de estuário entre a Confluência Mearim-Pindaré e a Ilha do Caranguejo, onde após 53 dias a taxa de renovação ultrapassa 80%. Enquanto na estação chuvosa, a região com renovação mais lenta se localiza ao Norte da Ilha do Caranguejo, à Leste de São Luís, onde a taxa chega na faixa de 80 a 100% de renovação em 41 dias. Isso ocorre devido a maior força da vazão fluvial para contrapor a maré. (VASCONSELOS, ROSMAN, P.A, ROSMAN, P.C, NZUALO, ANDRADE,²⁰¹⁸)

A Baía de São Marcos tem uma profundidade em média de 17–20 m nas partes costeiras e no sul da bacia, na parte de mar aberto no lado norte do Baía tem em torno de 90 m de profundidade.

Segundo o Plano Nacional de Energia-2030 (PNE), observou que, na estrada da Baía de São Marcos a uma densidade de geração de energia através do fluxo de corrente marinha, bem considerável que pode ser observada na figura (2).

Figura 2 - Gráficos de Velocidade média da Baía de São Marcos



Fonte: PNE

A velocidade do fluxo de correntes marinhas obtidas na Baía de São Marcos e de 1,64 m/s os gráficos acima mostram a frequência dessa velocidade observada durante os estudos feitos no local e isso mostra uma ótima viabilidade para ser instalados na quele local turbinas marinha para a geração de energia elétrica, por causa da alta densidade máxima teórica da potência no local com uma velocidade diária do fluxo de corrente marinha.

A densidade média pode ser estimada em 2,4 kW/m². Admitindo-se que possam ser instaladas turbinas de eixo horizontal com diâmetro de 20 metros e rendimento efetivo de 40%, a potência média resultante, por turbina, seria próxima a 0,5 MW (PNE₂₀₃₀, p. 50,2007).

A Minesto é uma empresa líder em tecnologia no ramo de energia marinha, faz parte do grupo Saab formada em 2007 na Suécia, as suas turbinas trabalham conforme o funcionamento de uma pipa essa tecnologia e chamado de Deep Green a turbina e montada a uma asa de 12 metros.

A asa usa a força de sustentação hidrodinâmica que se movimenta de forma autônoma mais a turbina pode ser redirecionada de forma automática, devido ao movimento do fluxo da corrente marinha no local a onde ela foi instalada assim fazendo aumentar até 10 vezes a velocidade do fluxo da água sobre a turbina aumenta a sua eficiência, ele pesa em torno de 7 toneladas, a turbina é ligada a um cabo que fica ancorado no fundo do oceano a onde são transportada a energia gerada pela a turbina a capacidade de geração e de 0,5 MW sua velocidade ideal de corrente é 1,2 m/s para profundidades entre 60 a 150 metros (MINESTO,2022)

A grande diferença da turbina Deep Green e a sua tecnologia adotada para a geração de energia oceânica, o seu funcionamento idêntico com uma pipa faz que a turbina tenha um grande diferencial no mercado. A asa e o tamanho da turbina fazem que a usina esteja voando debaixo da água.

A turbina funciona em sua trajetória quando está funcionando de baixo d'água em forma de oito a asa tem o seu funcionamento de empurra a turbina através da água assim varrendo uma grande área a uma velocidade relativa, muito maior que a velocidade real da corrente marinha no local a onde ela for instalada.

A velocidade e cubica com a relação com a produção de energia, isso mostra quando a turbina está em funcionamento a velocidade se multiplica quando a turbina é empurrada pela a água fazendo assim a eletricidade sendo produzida pela a turbina Deep Green ser centenas de vezes maior em comparação as tecnologias existentes quando as turbinas são fixas estacionárias.

A usina usa sustentação hidrodinâmica pelas as correntes marinhas fazendo assim elas flutuarem igualmente a uma pipa, o seu sistema de controle e por lemes que faz a turbina ser guiada de forma autônoma fazendo o seu trajeto em forma de oito.

A turbina difunde a energia para o gerador que produz eletricidade através do cabo de alimentação. O umbilical do fundo do mar transfere a eletricidade para a conexão em terra (MINESTO,2022) As partes constituintes da Usina são: asa, turbina, gerador acoplado, lemes e sistema de controle direcionam a pipa na trajetória pré-determinada, os suportes são através de uma junta superior conectada ao cabo, que está ligado a uma junta inferior na fundação do fundo do mar, a corda acomoda a amarração e os cabos para comunicação e distribuição de energia. (MINESTO,2022)

As suas partes constituintes, e com isso as suas peças são modulares podem ser desmontadas a montadas no local, o seu transporte é simples pode ser transportado por uma carreta e com isso faz com que a sua manutenção seja também simples barata e fácil, porque pode coletar a turbina e fazer a manutenção em solo.

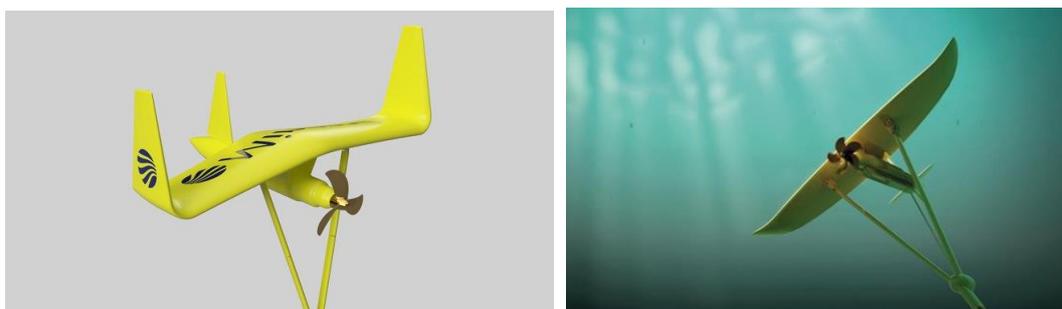
O raio de movimento e ação da turbina são de 20 metros, a altura da ancoragem até a turbina é de 27 metros, da turbina até a superfície do mar são de 3 metros, os valores mínimos para a sua instalação, dependendo do local da instalação esses valores se variam conforme a profundidade.

A sua fixação é chamada de kit ancorado no fundo do oceano sendo uma base fixa aonde são feitas perfurações no fundo do mar para fixar as suas bases os impactos ambientais são nulos não trazendo danos nenhum para a vida marinha, a sua base também é responsável de fazer a ligação da turbina que vai estar gerando energia até na costa, um fio submarino vai estar ligado na turbina até a sua base de fixação, irá fazer a ligação até a subestação que vai estar na costa litorânea.

As suas vantagens competitivas exclusividade de mercado são que Deep Green única turbina que opera de forma econômica em ambientes de baixo fluxo e com a capacidade de gerar eletricidade com fluxos até 1,2 m/s que pode ser usadas em águas profundas ou rasas , pesa 15 vezes menos em MW do que as tecnologias existentes , operação offshore de baixo custo, sua instalação e manutenção são usadas por embarcações e equipamentos menores e com a sua manutenção pode ser feita em terra , impactos ambientais mínimos , com a sua operação completamente submersa e

uníssona com o ambiente marinho, a capacidade de operar em velocidade baixas faz que a Deep Green seja a única tecnologia a ser econômica em correntes de maré.

Figura 3- A esquerda mostra o sistema Deep Green a e direita mostra o sistema em funcionamento



Fonte: Minesto

Como foi apresentado nesse estudo o nosso cenário adotado foi a Baía de São Marcos com ótimas características marítimas para uma instalação de turbinas oceânicas, assim podendo gerar energia elétrica tanto local ou a ampliação da demanda energética para o Brasil e assim diversificar a geração de energia elétrica no país, a proposta desse trabalho é implantar 10 turbinas da Minesto Deep Green na Baía de São Marcos com uma distância de 25 metros uma das outras e com uma geração instalada combinada de 5MW o diferencial da turbina Minesto, que dá para usar em larga escala sem trazer danos ambientais por sua geração limpa e assim fortalecer a geração de energia no Brasil e fazer o país se destacar no cenário mundial como um dos países com as matrizes energéticas mais limpas do mundo, esse tipo de geração não fica só na região de Maranhão, mais em todo o Nordeste obtendo ótimas características marinhas com um fluxo de correntes ideal para esse tipo de turbina por seu grande diferencial de gerar energia elétrica com um baixo fluxo de corrente oceânica.

As correntes da Baía de São Marcos têm em média 1,64m/s sendo assim, o local estudado para a instalação das turbinas demonstra as características marítimas e geológicas necessárias para a instalação da turbina. Tem profundidade necessária e uma corrente marinha ideal para uma geração de energia de 0,5MWh por cada turbina e isso faz que a geração seja constante. Em relação a impactos ambientais são nulos a sua perfuração para ser instalado as bases de ancoragem não trazem danos significativos ambientais no local e nem a atuação da turbina para a geração de energia

não traz ameaças para a vida marinha porque a sua característica de opera completamente submerso abaixo da superfície da água, em integridade com o ambiente marinho fazendo assim uma geração de energia limpa, eficaz e com baixo custo de manutenção.

Um projeto nas Ilhas de Faroé que são um território dependente da Dinamarca, localizado no Atlântico Norte entre a Escócia e a Islândia estão com um projeto ambicioso que irá fazer a Ilhas Faroé usar 100% de energia elétrica proveniente das marés até 2030 fazendo que essa produção seja a sua matriz central de energia, a Minesto em colaboração com a concessionária de energia elétrica SEV, está trabalhando para abrir o caminho para essa geração de energia se torne uma realidade.

A Minesto em novembro de 2018 assinou um contrato com a concessionária de energia SEV para a instalação de duas unidades do modelo DG100 chamado de Verde Profundo, as duas turbinas esta conectadas as redes de energia da Ilha, a SEV se comprometeu de comprar a eletricidade geradas pela a turbina de maré da Minesto.

Em dezembro de 2020 um marco foi realizado pela Minesto de oferecer a Ilhas Faroé eletricidade a partir das pipas de maré DG100 em Vestmannastrandir. Esse marco trouxe pela primeira vez que a pipa de maré produziu eletricidade para as redes de energia da ilha um resultado muito bem sucedido a instalação e comissionamento foi no verão e outono de 2020.

Em julho de 2020, a Minesto concluiu a instalação da infraestrutura submarina e onshore. Isso inclui uma fundação baseada em gravidade e um cabo de exportação submarino que conecta o sistema de pipa DG100 a uma estação de controle em terra, que conecta o local offshore à rede elétrica das Ilhas Faroé.

Em outubro de 2020, a Minesto anunciou que a empresa havia verificado com sucesso as principais funções do sistema de pipa, bem como realizado procedimentos de instalação e recuperação seguros e eficientes.

Em dezembro de 2020, a Minesto iniciou o processo de geração de eletricidade renovável a partir dos fluxos das marés em Vestmannastrandir, usando o princípio exclusivo da tecnologia Deep Green de aumentar a velocidade da pipa através da água para alimentar casas conectadas à rede das Ilhas Faroé. (MINESTO,2022).

O projeto nas Ilhas Faroé ganhou um interesse muito grande das indústrias de energia de marés, a tecnologia Deep Green em particular. Meios de comunicação nacional e internacional falaram do projeto das Ilhas. Em 2021 a Minesto foi documentários de televisão e serviços de streaming pelo o mundo todo.

CONCLUSÃO

O mundo necessita de fontes de energia limpa, que seja renovável, sem grandes emissões de poluentes como carbono. Os oceanos representam uma grande oportunidade para a exploração de energia limpa e sustentável de uma forma infinita, há um grande potencial na geração de energia elétrica a partir das tecnologias de extração de energias de correntes marítimas e com isso países europeus e países da América do Norte tem liderados estudos dessas tecnologias marítimas e produções, empresas cem por cento empenhadas para desenvolver cada vez mais meios de captar energia elétrica a partir dos mares.

Os países que vem liderando essas tecnologias são o Reino Unido, logo atrás Canadá e depois os Estados Unidos áreas para o uso dessa tecnologia.

A energia das correntes marítimas faz com que outros países comecem a investir nessas tecnologias, tem um potencial no futuro de ser fontes primárias de energia elétrica nas suas regiões.

Neste trabalho possibilitou de conhecer as correntes marítimas como são formadas as marés, e com isso compreendermos as tecnologias existentes para a extração de energia elétrica dos oceanos.

O desenvolvimento do modelo proposto para o parque de centrais de correntes marítimas foi desenvolvido de acordo com o conhecimento exposto na leitura do trabalho, a utilização do modelo de Turbina Minesto Deep Green permitiu fazer uma suposição de uma geração combinada de 5MW com 10 turbinas na Baía de São Marcos.

Como foi dito pesquisas estimasse que o Brasil tem uma capacidade de geração de energia elétrica oceânicas de 114GW levando em consideração apenas ondas e marés, e com isso poderá contribuir para uma ampliação na matriz energética e demanda e diversificação da matriz e com isso o Brasil estará cumprindo as agendas internacionais na diminuição de matrizes energéticas poluentes e se colocando em

destaque como o país com umas das maiores geração de energia renováveis do mundo como ele se encontra hoje em dia.

É importante salientar que o estudo com citações de diversos autores, faz seguir um amplo caminho de pesquisa para melhoria da distribuição de energia através das bases marítimas, não ficando presa somente ao estado do nordeste, mas podendo ser dissipada por todo território brasileiro, assim como foi realizado em diversos países como foi citado.

AGRADECIMENTOS

Com imenso prazer e honra, agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado essa experiência e oportunidade de trilhar um caminho árduo onde o resultado final é maravilhoso e prazeroso, agradeço ao meu amado pai e mãe por toda ajuda, aos meus familiares e colegas por me auxiliarem, sempre com palavras de incentivos nos momentos mais difíceis aonde que pensamos que não vamos conseguir alcançar os nossos sonhos e objetivos , agradeço aos meus mestres por todo o ensinamento e por todo auxílio durante esses anos .

1879

REFERENCIAS

1. BRASIL. Mauricio Tiomno Tolmasquim. Secretaria de Minas e Energia (ed.). **Plano Nacional de Energia 2030: geração de energia elétrica a partir de outras fontes**. 9. ed. Brasília: Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia; Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília: Mme: Epe, 2007. 12 V.: Il., 2006-2007. 36p ,37p,44p,49p,50p-(226p). E-book. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao165/topico173/PNE%202030%20-%20Outras%20Fontes.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2022.
2. BRASIL. Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Secretaria da Economia. **Brasil gera 45% de energia renovável e lidera transição energética no Brics: estudo destaca progresso na matriz energética brasileira com o uso de fontes renováveis e potencial para cooperação bilateral**. Estudo destaca progresso na matriz energética brasileira com o uso de fontes renováveis e potencial para cooperação bilateral. 2021. E-book. Disponível em https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=38330. Acesso em: 01 jul. 2022.

3. CISCO, Lenon; KOCH, Augusto; CONDOTTA, Mateus; HARRAS, Lucas; MACHADO, Bianca; ISOLDI, Liercio. O Oceano como Fonte de Energia: uma revisão da literatura. **Ripe: Geração de Energia Elétrica a partir de Outras Fontes**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 23-33, 01 dez. 2020. Disponível em: www.periodicos.unb.br/ojs311/index.php/ripe. Acesso em: 07 jul. 2022.
4. CLEAN CURRENT (Canadá). **CLEAN CURRENT**. Elaborada CLEAN CURRENT. Disponível em: <https://www.cleancurrent.com/river-turbines/>. Acesso em: 13 jul. 2022.
5. FLORENCIO, Marcelo *et al.* PESQUISAS E PROJETOS DESENVOLVIDOS NO BRASIL PARA O APROVEITAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM ONDAS E MARÉS: outras fontes renováveis de energia. **VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar: Marés, ondas e outras fontes renováveis**, São Paulo, p. 1-11, 01 jun. 2020.
6. GERMAIN, Grégory *et al.* Marine current energy converter tank testing practices: hydrodynamic & metocean service, ifremer. Brest, France, França, p. 1-6, 15 out. 2008.
7. GOMES, Thiago Luis Campos *et al.* **ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA DUAL DE ARMAZENAMENTO EM MICRORREDES ISOLADAS BASEADAS EM ENERGIA DE CORRENTES DE MARÉ**. 2019. 26 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2014.
8. HAMMERFEST STRØM AS (Noruega). **HAMMERFEST STRØM AS**. Elaborada HAMMERFEST STRØM AS. Disponível em: <https://www.andritz.com/resource/blob/31444/cf15d27bc23fd59db125229506ec87c7/hy-hammerfest-data.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2022.
9. KELLYANNA DA SILVA VASCONCELOS (Brasil). **PROJETO BAÍAS DO BRASIL: baía de são marcos :: ma. BAÍA DE SÃO MARCOS – MA**. 2018. Elaborado por PROJETO BAÍAS DO BRASIL BAÍA DE SÃO MARCOS – MA. Disponível em: http://www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br/assets/relatorios/rel_baia_saomarcos.html. Acesso em: 07 jul. 2022.
10. KHAN, Jahangir *et al.* Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: a technology status review. **Applied Energy**, [S.L.], v. 86, n. 10, p. 1823-1835, 01 abr. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.02.017>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223345969_Hydrokinetic_Energy_Conversion_Systems_and_Assessment_of_Horizontal_and_Vertical_Axis_Tu

- rbines_for_River_and_Tidal_Applications_A_Technology_Status_Review?enrichId=rgreqobb99aadf572a9c3138f666d335bea6XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzIyMzM0NTk2OTtBUzo5NTM1MDgxNzgxODYyNDVAMTYwNDM0NTQ3MzcxMQ%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf.
Acesso em: 09 jul. 2022.
11. LUNAR ENERGY (Inglaterra). **LUNAR ENERGY**. Elaborada LUNAR ENERGY. Disponível em: <https://www.theguardian.com/environment/2008/sep/18/cleantech100marinpower.cleantechnology1003>. Acesso em: 29 jun. 2022.
 12. MARINE CURRENT TURBINES (Inglaterra). **Marine Current Turbines**. Elaborada Marine Current Turbines. Disponível em: <https://tethys-engineering.pnnl.gov/organizations/marine-current-turbines-mct>. Acesso em: 26 jun. 2022.
 13. MINESTO (Suécia). **Minesto Deep Green: power to change the future**. Power to change the future. 2007. Elaborado por Miesto. Disponível em: <https://minesto.com/>. Acesso em: 06 jul. 2022.
 14. NASCIMENTO, Rodrigo Limp *et al.* APROVEITAMENTO DA ENERGIA DOS OCEANOS PARA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE: consultor legislativo da área xii recursos minerais, hídricos e energéticos. **Consultoria Legislativa: Câmara dos Deputados, Brasília**, p. 1-19, mar. 2017.
 15. NEPTUNE RENEWABLE ENERGY (Inglaterra). **NEPTUNE RENEWABLE ENERGY**. Elaborada NEPTUNE RENEWABLE ENERGY. Disponível em: <https://www.hydroreview.com/world-regions/proteus-np1000-tidal/#gref>. Acesso em: 26 jun. 2022.
 16. OPEN HYDRO (Inglaterra). **Open Hydro**. 2006. Elaborada por (EMEC) European Marine Energy Center. Disponível em: <https://www.emec.org.uk/about-us/our-tidal-clients/open-hydro/>. Acesso em: 26 jun. 2022.
 17. QUINTINO, Thaysla Beluco *et al.* MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE USINAS OCEÂNICAS NA ZONA COSTEIRA DO BRASIL. 2018. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina Engenharia Ambiental, Londrina, 2018. Cap. 6. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12136>. Acesso em: 07 jul. 2022.
 18. SHADMAN, Milad *et al.* Ocean Renewable Energy Potential, Technology, and Deployments: a case study of brazil. **Energies**, [S.L.], v. 12, n. 19, p. 3658, 25 set. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en12193658>.

19. TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno et al (ed.). **Energia Renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro:** . Energia Elétrica – Brasil. 2. Setor Elétrico – Brasil. 3. Energia Hidrelétrica. 4. Bioeletricidade. 5. Energia Eólica. 6. Energia Solar. 7. Energia Oceânica. I. Empresa de Pesquisa Energética. Ii. Título, 2016.412p,416p- (452) p. E-book. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites/pt/publicacoes/dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20%20Online%2016maio2016.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2022.
20. VERDANT POWER (Nova York). **VERDANT POWER.** Elaborada VERDANT POWER. Disponível em: <https://www.verdantpower.com/>. Acesso em: 26 jul. 2022. WU, Alex Hiratsuka *et al.* **Considerações no Projeto de Turbinas de Correntes Marítimas.** 2018. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, Universidade de São Paulo – Usp, São Paulo, 2018. Cap. 8. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/418fd237-dofb-4ca1-9ear-37e6d13e9d09/ALEX%20HIRATSUKA%20WU%2018.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.