

Evidências do Aproveitamento dos Oceanos como Forma Alternativa de Energia Renovável

Dara Magno Firmino - 201802822

Estudante de Engenharia Mecânica, Jaboatão dos Guararapes, Brasil, dmagnofirmino@outlook.com

Erivaldo José dos Santos Junior - 201802719

Estudante de Engenharia Mecânica, Jaboatão dos Guararapes, Brasil, eri.8@hotmail.com

Orientador: Jardel Silva

Professor do Curso de Engenharia Mecânica, UniFG, Jaboatão dos Guararapes-PE, Brasil, jardel.silva@ecossistemaanima.com.br

RESUMO: Nos últimos anos, foi constatado um aumento de impactos ambientais ocasionados principalmente pela utilização dos combustíveis fósseis como fonte para a geração da energia elétrica, por isso a busca por soluções que diminuam os fatores prejudiciais ao meio ambiente também aumentaram. Contemplando a importância da utilização das Fontes energéticas renováveis para a produção da eletricidade no Brasil e no mundo, evidenciam-se os inúmeros benefícios gerados ao meio natural ainda cumprindo as metas energéticas necessárias. Diante desse âmbito de pesquisa, os projetos de sistemas de Energia Oceânica vêm com a proposta de aproveitar um recurso que não se esgota, que são os oceanos, para trazer a preservação ambiental gerando eletricidade, mas que, ainda assim, atinge pouquíssimo espaço no mundo, principalmente pelo alto custo inicial de implantação. Tendo em vista a importância do tema, o presente trabalho, através de uma pesquisa descritiva se propõe a destacar o uso dos oceanos como uma fonte confiável e segura para produção de energia elétrica, apresentando os principais tipos de dispositivos para geração de energia, bem como os desafios para implantação dos sistemas e suas vantagens e desvantagens. Através dos conceitos e pesquisas foram possíveis assegurar maiores inclusões desta fonte no mercado energético, projetando visão para um futuro promissor em que pode-se contar com uma fonte de energia renovável, eficiente e que traz benefícios para o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos Ambientais, Fontes energéticas renováveis, Energia Oceânica.

ABSTRACT: In recent years, there has been an increase in environmental impacts caused mainly by the use of fossil fuels as a source for energy generation, so the search for solutions that reduce harmful factors to the environment has also increased. Contemplating the importance of the use of renewable energy sources for the production of electricity in Brazil and in the world, the countless benefits generated to nature are evident, while still meeting the necessary energy goals. Given this scope of research, Ocean Energy systems projects come with the proposal to take advantage of a resource that does not run out, which are the oceans, to bring about preservation by generating electricity, but which still reaches very little space in the world, mainly because of the high initial cost of deployment. Due to importance of the theme, this work, through a descriptive research, proposes to highlight the use of the oceans as a reliable and safe source for the production of electric energy, presenting the main types of devices for energy generation, as well as the challenges for implementing the systems and their advantages and disadvantages. Through concepts and research, it was possible to ensure a greater inclusion of this source in the energy market, projecting a vision for a promising future in which one can count on a renewable, efficient source of energy that brings benefits to the environment.

KEYWORDS: Environmental impacts, Renewable energy sources, Ocean Energy.

1 Introdução

Segundo pesquisas científicas, no período da Idade Média, a França e a Inglaterra foram as pioneiras na utilização das marés para a geração de energia, pois por meio de pequenos moinhos d'água trituravam diversos tipos de cereais deslocando a água em barragem provendo assim, energia cinética vinda do processo. Na década de 1930 houve inúmeras tentativas de exploração desta fonte renovável de energia e logo após esses registros se tem, em meados de 1967, relatos da instalação de usinas maremotrizes em regiões da França, Rússia, Canadá e China as quais exploraram a utilização das marés para gerar eletricidade. Hoje, existem lugares em que se há projetos para a instalação de usinas maremotrizes em grande porte como por exemplo na Grã-Bretanha, a qual terá uma capacidade de suprir pelo menos 5% das necessidades energéticas do país, o que já é um enorme avanço, por indicar que esta fonte de energia renovável também pode ajudar a manter a geração de eletricidade de um país trabalhando com outras fontes de energia (MOREIRA'S, 2017).

Conceitua-se Energia Oceânica como a energia que vem das ondas e/ou marés, através da captação da energia vinda de um processo mecânico que ocorre diante do movimento das correntes marinhas, ondas e o desnível ou diferencial de altura causado pelas marés. A conversão da energia das ondas em energia elétrica se encontra em fase pré-comercial, isso ocorre por meio de um conceito denominado "coluna de oscilação da água", que altera a pressão do ar na câmara e aciona a turbina para gerar eletricidade. Para as grandes empresas e instituições de pesquisas atuais que buscam converter essa fonte em energia, reduzir custos e garantir a competitividade comercial desse novo tipo de produção renovável e livre de poluição que usa o próprio oceano como reservatório, ainda é um desafio (SANTOS, 2013).

Nas últimas décadas, o risco de redução das reservas de combustíveis fósseis e a preocupação com as mudanças climáticas ocasionaram na exploração mundial de energia renovável que continuou a aumentar. Entre as fontes de energia consideradas "limpas", os projetos de Maremotriz e Ondomotriz são possibilidades que vêm se desenvolvendo e ganhando espaço no mercado energético, embora sejam ainda poucos os projetos implementados e aderidos de fato. Logo, é importante salientar que o uso da energia oceânica, entra em uma competição com as outras formas de produção energética e seus exemplos de aplicação.

Um dos grandes benefícios de implantar esse projeto é o fator de capacidade da energia, o qual varia entre 22% e 35%. Existem, contudo, aspectos sociais e ambientais desfavoráveis à implantação dos projetos em virtude de possíveis impactos ao ecossistema marinho, diante das mudanças no sistema e amplitude das marés somado a obstáculos físicos devido à construção da barragem. O desenvolvimento da mesma também poderá criar um impacto econômico negativo imediato na área de implantação, pois poderá afetar o estuário que é muito importante para a economia local, especialmente para a atividade pesqueira (Rosa, A. 2014). Esses aspectos demandam uma avaliação técnica da relação custo-benefício resultante da implantação de cada projeto, em função do resultado geral positivo que a capacidade de produção energética pode trazer.

Para fins alternativos será analisada a energia gerada pelos sistemas por maremotriz e ondomotriz através de um trabalho descritivo, conceituando a produção através dos oceanos e suas variações que se relacionam com o deslocamento periódico das massas de água oceânica, causados por efeitos gravitacionais e pela rotação da terra e da lua ao redor do centro de massa comum. Outras análises serão feitas para complementação da importância da energia renovável, apresentando algumas conferências realizadas pelo mundo que defendem o uso da energia renovável como fonte alternativa e limpa de energia e com metas de mudança e implementação, além de apresentar os benefícios que a produção limpa traz para a biodiversidade sem que os altos níveis de produção sejam afetados. Por fim, o trabalho abordará os conversores de energia das ondas explicando suas aplicações e as principais dificuldades quando relacionadas ao fato da instalação no mar.

2 Referencial Teórico

2.1 Energia Renovável

A Energia renovável é toda aquela proveniente de recursos naturais como sol, vento, chuva, marés e o calor gerado no interior da terra (geotérmica), que são recursos renováveis no meio ambiente. Toda energia gerada a partir destas fontes são consideradas e denominadas “limpas”, pois possuem a capacidade de minimizar os impactos causados ao meio ambiente (DUTRA, et al., 2014).

2.2 Energia Oceânica

A Energia Oceânica, também chamada de “energia das ondas” é a proveniente dos movimentos gerados pelas marés, correntezas e ondas. É uma energia que apesar de incomum gera grandes expectativas para futuros grandes projetos, visto que, a maior parte da água do planeta vêm de oceanos e mares. Diante disto, existem dois principais tipos: a energia Maremotriz e suas variações e a Ondomotriz (ROTHBARTH, 2017).

2.3 Maremotriz e Ondomotriz

A energia Maremotriz é dada pela variação das marés e acontece devido ao fenômeno natural e astronômico de atração média das águas do mar pela lua e o sol. Obedecendo o seguinte princípio, a água do oceano desce quando a maré é baixa e sobe quando ela está enchendo, isto acontece por conta das forças de gravidade dos corpos celestes citados, que puxam as águas para sua direção (BEZERRA, et al., 2011).

Já a energia ondomotriz é gerada através da conversão de energia cinética do movimento das ondas em energia elétrica, os tipos mais comuns de geração de construções para geração de energia marítima são classificadas em construção onshore, nearshore e offshore (OLIVEIRA, et al., 2020).

As ondas do mar são consequências da transferência de energia dos ventos ao longo de uma faixa sobre a superfície oceânica. A energia 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, 2016). A Figura 1 representa o tipo de energia e para qual direção ela atua no sentido das ondas.

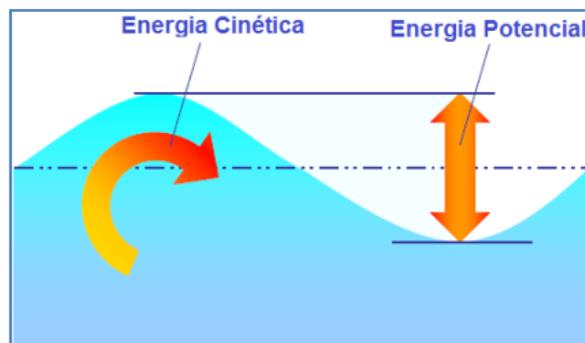


Figura 1. Representação das duas formas de energia das ondas (TOLMASQUIM, 2016).

2.4 Sistemas de Captação de uma Usina Maremotriz

As usinas maremotrizes consistem basicamente na construção de barragens em baías e estuários, esse sistema aproveita as marés enchentes para armazenar água em um reservatório e em seguida durante a vazante utilizam o fluxo da passagem da água pelas turbinas para geração de energia. O processo de produção de energia acontece durante a vazante ou seja, a água que estava represada nos reservatórios passam por turbinas ligadas a geradores elétricos e assim a energia potencial da água é transformada em energia elétrica. Após o final da maré enchente as comportas da barragem são fechadas e inicia-se a maré vazante, quando o desnível entre a água represada e a água externa ao reservatório for suficiente para o funcionamento das turbinas, assim elas entram em operação e permanecem até que a altura de queda da água se torne a mínima possível para a

geração de energia elétrica. a partir desse ponto bloqueia-se a passagem da água através das turbinas e o processo é reiniciado na maré seguinte com a reabertura das comportas para admissão de água (MOREIRA, 2021).

2.4.1 Componentes de uma Usina Maremotriz

Segundo um estudo realizado pelo instituto de energia elétrica da universidade Federal do Maranhão os principais componentes de uma usina maremotriz são: barragem, turbogeradores e reservatórios (BEZERRA, et al., 2011). Na Figura 2 são ilustrados esses componentes.

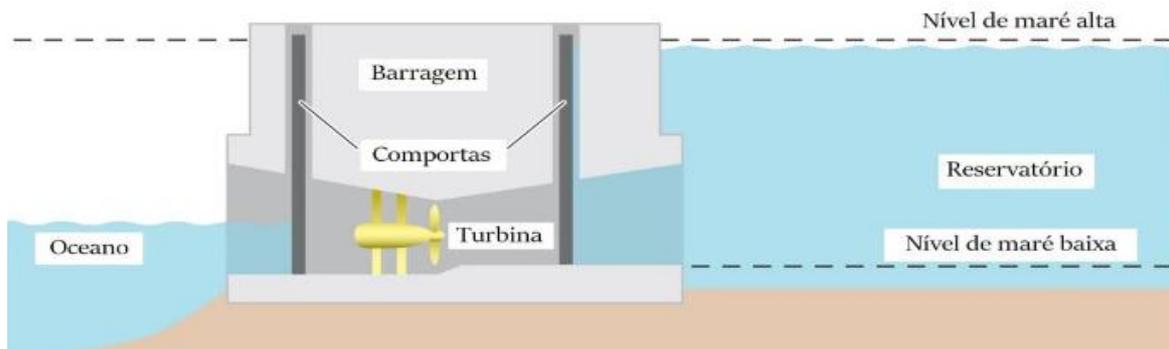


Figura 2. Ilustração da Usina Maremotriz (AUDIBERT, 2020).

2.4.2 Barragem

A construção da barragem é considerada um fator de grande importância em uma usina maremotriz, pois impacta bastante nos custos da construção da mesma. Além disso, o projeto deve prever uma série de condições específicas para o seu melhor aproveitamento como os efeitos de choque das ondas contra ela e a localização e o formato da barragem que podem alterar os fenômenos de ressonância e reflexão que ocorrem dentro de um estuário (BEZERRA, et al., 2011).

2.4.3 Comportas

A principal função das comportas em uma usina maremotriz é controlar o nível de água do reservatório, outro fato importante é que a frequência em que elas são abertas está relacionada ao tipo de maré e ao modo de operação da usina. Por causa do seu uso constante que pode superar até a frequência em que é usada em uma hidrelétrica, se faz necessário uma operação com maior rapidez e um elevado grau de confiabilidade a fim, de evitar problemas operacionais e manutenções constantes (BEZERRA, et al., 2011).

2.4.4 Reservatório

A principal função do reservatório é armazenar água, fazendo com que a queda d'água seja gerada a fim de proporcionar fluxo de corrente para geração de eletricidade através dos turbo geradores. Nos projetos de usinas maremotrizes podem ser usados mais de um reservatório, porém tudo vai depender da viabilidade econômica do projeto (BEZERRA, et al., 2011).

2.5 Dispositivos para Aproveitamento da Energia dos Oceanos

2.5.1 Reservatório Terminal

O reservatório terminal, representado na Figura 3, é um dispositivo bastante eficiente que converte a energia das ondas em energia potencial, através do armazenamento temporário da água proveniente das ondas acima do nível da superfície livre. A eletricidade é gerada pelo processo de drenagem da água armazenada através de uma turbina hidráulica convencional de baixa queda. Esses sistemas podem ser dispositivos flutuantes offshore sendo encontrados próximos da costa ou em águas mais profundas (SANTOS, 2013).

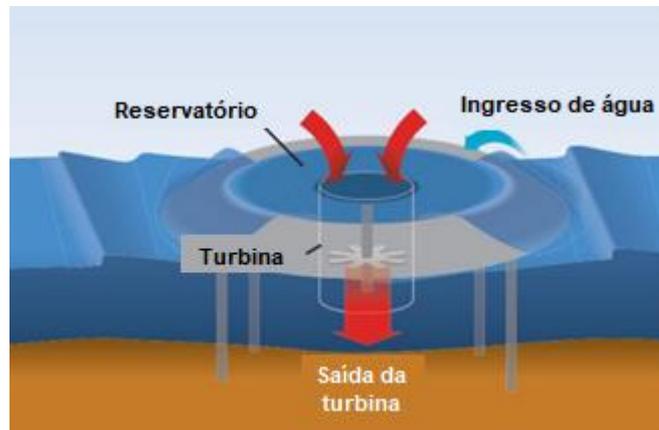


Figura 3. Reservatório terminal (LEWIS et al., 2011).

2.5.2 Turbina Submersa para Corrente de Maré

Este tipo de dispositivo é usado para gerar energia através do fluxo de correntes marítimas que o atravessam (Figura 4). Segundo o trabalho de um pesquisador brasileiro vinculado à UNICAMP, publicado em Outubro de 2012, as correntes marítimas são “grandes massas de água” com suas direções bem definidas, bem como, seus períodos de atuação. Essas correntes acontecem por conta dos ventos e o movimento de rotação da terra, possuindo uma grande quantidade de energia cinética (SILVA, 2012). Os melhores locais para exploração deste tipo de energia são em canais que apresentam altos níveis de fluxo de corrente de maré. As turbinas submersas geram energia através de um impulso dado às turbinas hidrocinéticas, os geradores internos são classificados como bidirecionais e possuem hélices com pás reguláveis para que o fluxo das correntes sejam aproveitadas de maneira eficiente (DOMINGOS, 2013).

As tecnologias existentes no mercado para o aproveitamento da energia das correntes oceânicas e marés são parecidas em alguns aspectos, porém, o sentido do fluxo de correntes oceânicas é unidirecional ao contrário de correntes das marés que inverte o fluxo de acordo com o estado das marés alta e baixa (SANTOS, 2013). Observa-se que o modo como esse dispositivo gera energia é muito similar ao feito em dispositivos eólicos, através de sistemas modulares de turbinas colocadas diretamente no leito do mar (SILVA, 2012).

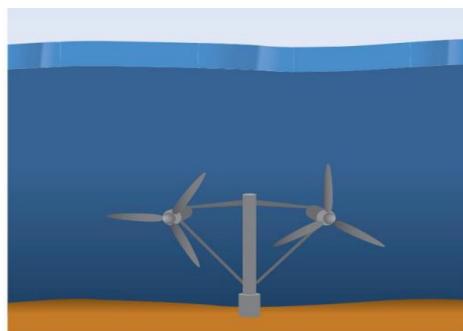


Figura 4. Turbina Submersa para corrente de maré (LEWIS et al., 2011).

2.5.3 Conversor de Contorno Articulado – Pelamis

Conhecido com “Pelamis” o conversor de contorno articulado é um tipo de construção offshore, este tipo de dispositivo é exposto a regimes de ondas energéticas, localizadas distantes da costa, a profundidade entre 40 e 50 m, geralmente são estruturados de maneira flutuante ou ancoradas ao fundo do mar.

Um dos protótipos mais conhecidos deste tipo de conversor foi instalado na European Marine Energy Centre, nas Ilhas Órcades e consistia em quatro flutuadores tubulares de aço medindo cerca de 4,63 m em diâmetro fixas umas às outras por articulações. Para geração de energia este dispositivo (Figura 5) funciona através do movimento oscilatório das ondas. No processo o sistema bombeia óleo a alta pressão para os motores hidráulicos, que em seguida acionam um gerador localizado na parte traseira. Por fim, o gerador converte a energia canalizada em energia elétrica e transporta para terra através de cabos submersos (GOBATO, et al., 2016).

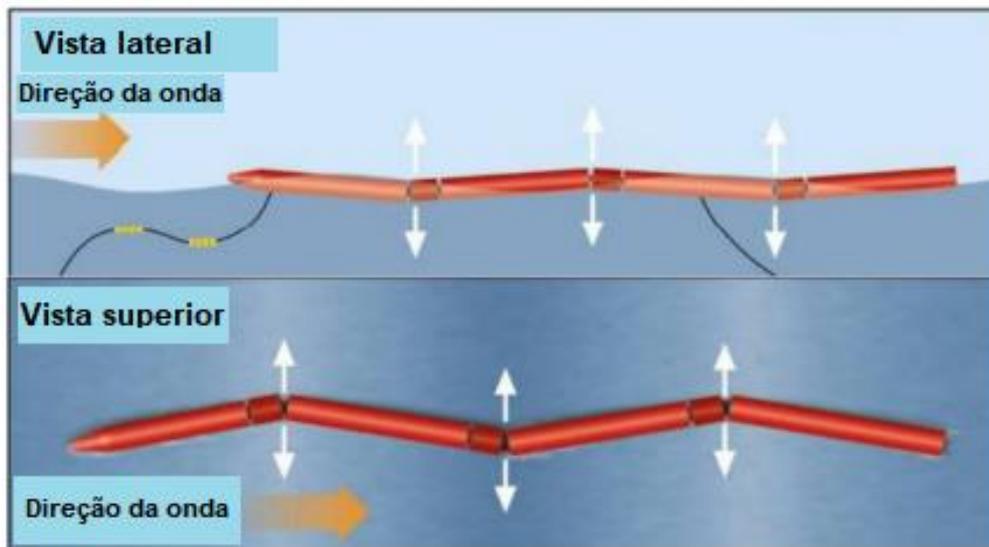


Figura 5. Dispositivo Pelamis (GOBATO et al., 2016).

2.5.4 Conversor de Coluna de Água Oscilante

Os conversores do tipo coluna de água oscilante utilizam o movimento das ondas para gerar energia, o sistema funciona através das ondas que induzem diferentes níveis de pressão do ar no interior de uma câmara. Na saída da câmara de ar é posicionada uma turbina acoplada a um gerador, que mantém a rotação no mesmo sentido independente do sentido do fluxo de ar. Quando a crista da onda está próxima da câmara, o ar no seu interior é comprimido e o fluxo se dá de dentro para fora. Este processo, demonstrado nas Figuras 6 e 7, pode ocorrer de maneira oposta quando o cavado da onda atua sobre a câmara, fazendo com que o ar externo da câmara seja direcionado para seu interior. Este dispositivo pode ser instalado na costa, em quebra-mar ou afastado, em águas mais profundas próximo da costa ou ao largo (SANTOS, 2013).



Figura 6. Conversor de coluna de água Oscilante (LEWIS, et al., 2011).

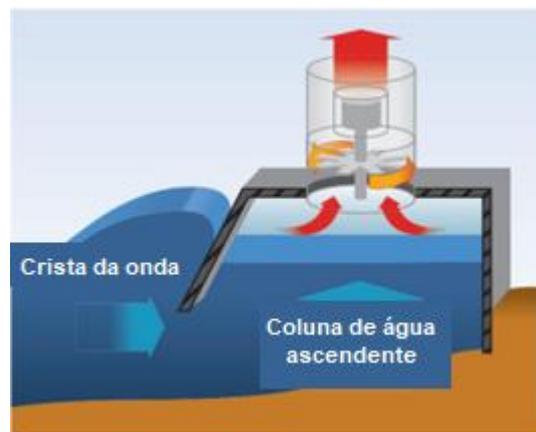


Figura 7. Conversor de coluna de água Oscilante (LEWIS, et al., 2011).

2.5.5 Osmose

Geração osmótica é uma técnica usada para produzir eletricidade a partir de gradiente de salinidade. O gradiente de salinidade entre dois corpos de água possui um elevado potencial osmótico, a exemplo disto podemos citar a diferença de concentração de sal e água dos rios e do mar. Há enorme quantidade de energia liberada quando as duas águas se encontram e este processo acontece de maneira espontânea por osmose em que o fluxo da água doce, separado da água salgada por membrana semipermeável, migra para o compartimento de água salgada, gerando um aumento de pressão (CARVALHO, et al., 2021). Nesta condição de pressão a água salgada pode ser usada para movimentar uma turbina acoplada a um gerador para produzir eletricidade. A viabilidade econômica da geração osmótica depende fortemente do custo da membrana.

No processo de geração osmótica, a água doce é filtrada antes de passar pelos módulos de membrana. Nestes módulos, cerca de 80% da água doce é transferida através da membrana semipermeável para a água salgada pressurizada, sendo este processo de osmose direta o causador do aumento de volume do fluxo de água pressurizada. A água salgada é também filtrada antes de ser pressurizada pelo processo osmótico nos módulos de membrana. A água salgada já pressurizada bifurca em dois tramos; um deles, com fluxo de ordem de um terço do volume total, é utilizado para movimentar a turbina, enquanto os dois terços restantes retornam para o trocador de pressão para pressurizar a água salgada que está sendo admitida no sistema, este representado na Figura 8 (SANTOS, 2013).

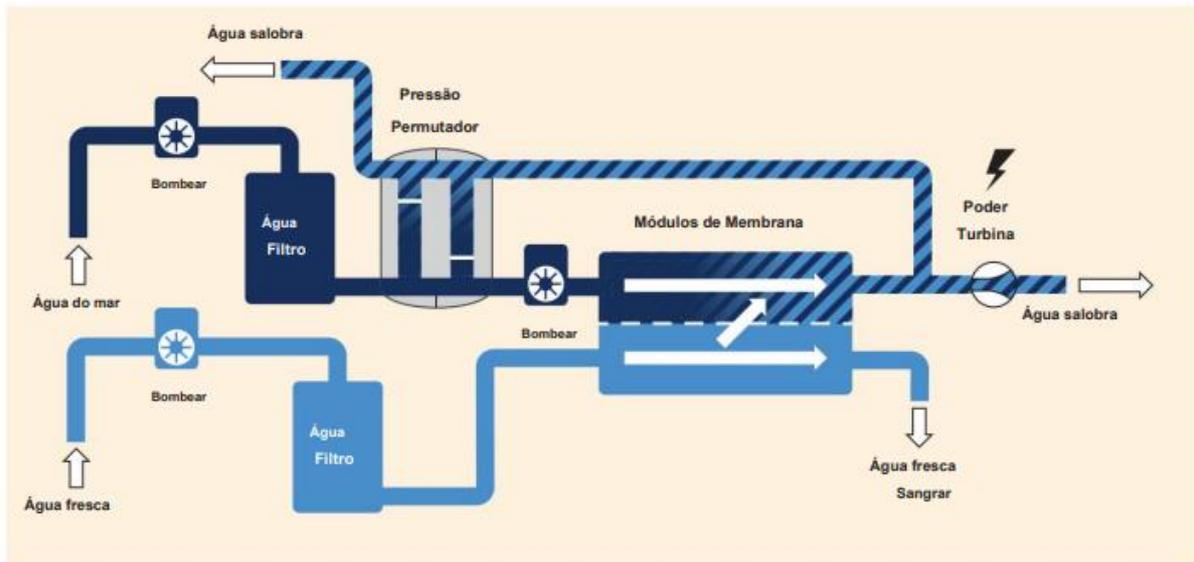


Figura 8. Processo de geração osmótica (LEWIS, et al., 2011).

2.5.6 Corpo oscilante (OB)

O corpo oscilante trata-se de um sistema que utiliza o movimento das ondas para impulsionar um diferencial de movimento oscilatório entre dois corpos de diferentes massas. Esse tipo de dispositivo utiliza a força de empuxo para induzir movimentos verticais em relação a um outro corpo com movimento restringido. Na conexão entre os corpos são instalados dispositivos que resistem de maneira parcial aos movimentos angulares, viabilizando a geração de eletricidade por sistemas hidráulicos conectados ao conjunto turbina-gerador, visualizado na Figura 9 (SANTOS, 2013).

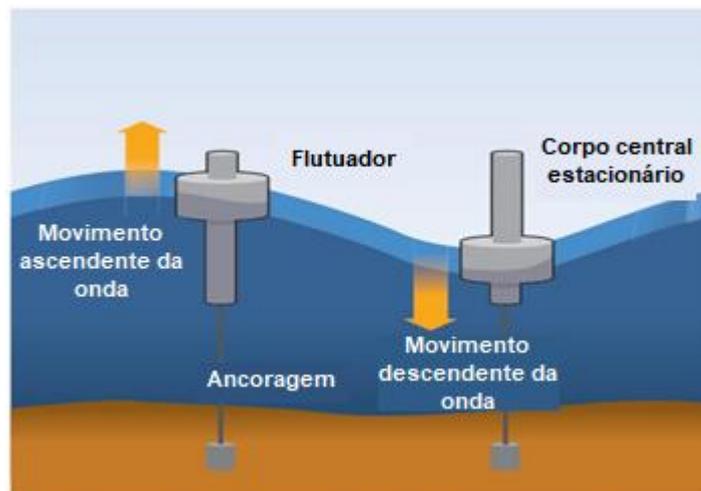


Figura 9. Conversor de corpos Oscilantes (LEWIS. et al., 2011).

3 Metodologia

A metodologia aplicada a este artigo tem caráter de pesquisa descritiva, com a finalidade de evidenciar o uso dos oceanos como fonte alternativa e renovável para a produção de energia elétrica através de dispositivos tecnológicos.

A abordagem será essencialmente qualitativa e para o desenvolvimento do presente trabalho será utilizado como ferramenta de pesquisa artigos, livros e revistas científicas que possuem informações pertinentes ao assunto tendo propriedade para oferecer dados concretos a respeito do tema proposto.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram abordados os principais dispositivos para a geração de energia através das marés, ondas e correntes caracterizando os modos de funcionamento, além disso foram destacados os desafios para implantação deste tipo de energia e as projeções futuras.

Com o levantamento dos dados foi possível analisar algumas das principais características da energia e fazer comparativos entre os dispositivos destacando sua eficiência. Assim através das evidências observadas e suas vantagens e desvantagens foi possível traçar um ponto de vista sobre a viabilidade do uso da energia dos oceanos e suas contribuições para a sociedade e o meio ambiente.

4 Resultados e Discussões

4.1 História da Maremotriz

Um estudo de 2007, destacou que o conceito de marés surgiu através das viagens de romanos até o território da Gália e Bretanha (hoje França e Reino Unido) onde os mesmos perceberam que o mar variava de nível em diferentes intervalos de tempo. E em meados do século 12, construíram-se os primeiros moinhos movidos pela força da maré, onde acontecia a transformação da força mecânica em cinética dando à luz então a chamada energia por maremotriz.

Os moinhos, a primórdio foram construídos com o intuito de moer grãos e funcionavam em três etapas de maré. A primeira era a chamada Enchente, essa é a fase na qual a maré está subindo então a água do mar entra através de uma passagem, e toma lugar no ambiente preenchendo o espaço de um reservatório. E quando a maré atinge o ponto máximo é chamada de preamar, logo em seguida começará a diminuir fazendo assim que a passagem feche obrigatoriamente para que a água fique nivelada. Quando finalmente a maré está baixa e o nível de água permanece abaixo da roda o moinho gira de acordo com o fluxo da água (FERREIRA, 2007).

Ao longo dos anos a tecnologia foi se adaptando e dando origem gerando assim, diferentes possibilidades de atender a sociedade com uma geração de energia mais renovável. Dessa forma, quando a lua está em sua fase de “ Lua Cheia ” (a lua Oposta ao Sol) a força de atração é maior e ocorrem conseqüentemente grandes amplitudes de marés chamadas de sizígia, esta acontece quando os três corpos celestes Sol, terra e Lua estão em posição retilínea. Em contrapartida, quando a Lua está em “ Lua em Quarto Minguante” há pequenas amplitudes de marés. Nesta fase, a lua está em sua última etapa e aparece aos olhos como se tivesse partida ao meio.

Existem 8 fases de lua e conseqüentemente as suas respectivas variações de marés que respondem à fase de cada uma. Diante do que já foi dito, presume-se que é possível realizar a previsão das marés do ano, mas não é bem assim, pois é necessário considerar as condições meteorológicas que podem ocorrer em cada lugar do mundo além dos fenômenos astronômicos que envolvem o sol a terra a lua, além das diferentes formas de relevo que são elementos que também influenciam (BEZERRA, et al., 2011). Na Figura 10 é possível observar melhor como ocorre o fenômeno das Marés.

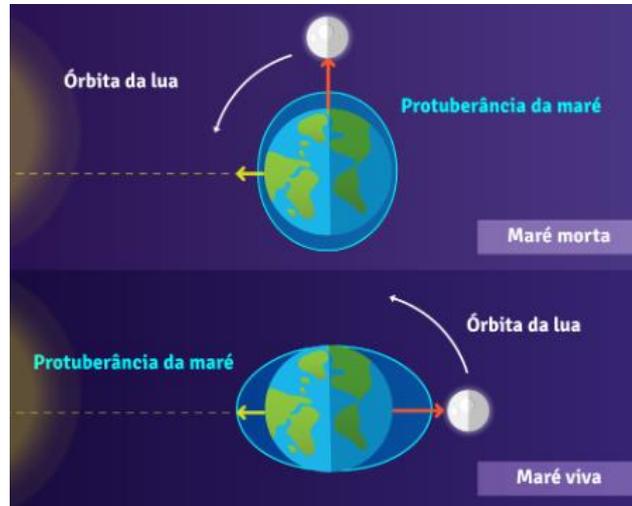


Figura 10. Representação do fenômeno das Marés (GCF GLOBAL, 2022).

4.2 Perspectiva Mundial

A energia oceânica possui um grande potencial para enfrentar as mudanças climáticas de forma a contribuir para um futuro mais sustentável. Os conversores de corrente de maré e energia das ondas são as tecnologias mais desenvolvidas nos diversos países em que se investe nesse tipo de produção de energia. O potencial de recursos da energia oceânica possui capacidade suficiente para atender a necessidade global de eletricidade atual e futura e isso depende diretamente das tecnologias. Uma análise feita pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA) com base em várias fontes avalia que o valor agregado para as tecnologias de energia oceânicas combinadas estejam em torno de 45.000 terawatt-hora(TWh) e potencialmente muito acima de 130.000 TWh de eletricidade por ano, nessa proporção a energia produzida poderia cobrir mais que o dobro da demanda atual global de eletricidade (IRENA, 2020). Na figura abaixo são apresentados os valores médios avaliados como mais prováveis para as principais fontes geradoras:

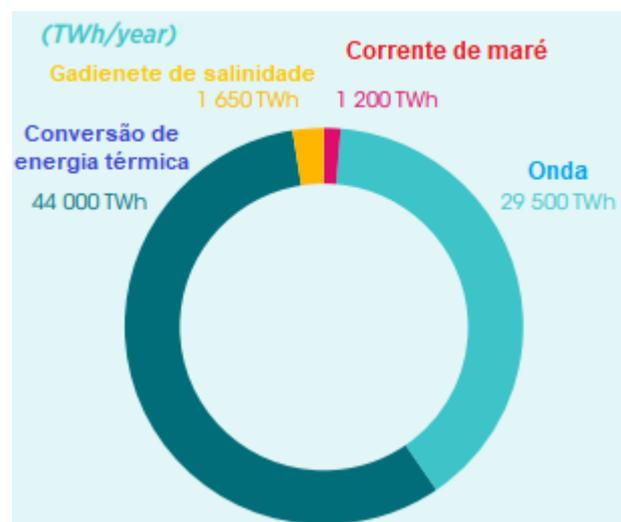


Figura 11. Potencial de Recursos de Energia Oceânica (IRENA,2020).

4.3 O Cenário Atual x Futuro

A implantação de tecnologias para a produção de energia através dos oceanos aconteceu de forma acelerada, porém, o crescimento desse setor foi bastante lento, algo que não era esperado. Através dos

dispositivos para energia das ondas e das marés pode-se observar um pequeno progresso. A energia das marés tem grande destaque e a cada ano que passa aumenta seu potencial de comercialização, já a energia das ondas é menos madura e ainda passa por fases de teste (IRENA, 2020).

O cenário atual mostra que as tecnologias das ondas estão sendo procuradas com mais intensidade, ao contrário das tecnologias das marés que focam sua produção em matrizes de grande escala, já os conversores de energia das ondas estão seguindo outros caminhos voltado para implantação de dispositivos de grande escala acima de 1 megawatt (MW) e a dispositivos menores em escala real voltados para aplicações offshore específica. Os dispositivos para geração de energia através das correntes oceânicas ocupam a quinta colocação entre os meios de aproveitar a energia do oceano porém, poucas pesquisas foram realizadas sobre este sistema.

A capacidade atual somando todas as tecnologias de energia oceânica (Figura 12) é de 534,7 MW, sendo a maior parte gerada pelas barragens de maré. A expectativa é que nos próximos anos haja uma crescente na implantação dos sistemas de produção de energia oceânica, principalmente pelo fato de empresas, institutos de pesquisa e universidades estarem investindo recursos para o desenvolvimento dessas tecnologias. Com esse crescimento o setor continuará evoluindo e logo os projetos de correntes, marés e ondas serão responsáveis por cerca de 3 gigawatts (GW). A IRENA estima que daqui a 10 anos a produção de energia através dos oceanos pode ultrapassar 10 GW de capacidade instalada até 2030 (IRENA, 2020).



Figura 12. Implantação de Energia Oceânica (MW). (IRENA, 2020).

4.4 Aspectos Econômicos

Na implantação de usinas e dispositivos maremotrizes deve-se levar em conta vários aspectos como os custos de construção, operação e manutenção principalmente os benefícios promovidos pela própria geração e os impactos ambientais. Projetos como esse possuem alto custo inicial e longos períodos de construção. Para as usinas as obras de construção civil representam o item mais custoso no orçamento. As usinas maremotrizes possuem uma vida útil que pode chegar de duas a três vezes a de uma térmica ou nuclear (MACHADO et al., 2016). A energia maremotriz pode ser bastante competitiva se comparada àquela proveniente de usinas a carvão, entretanto, esta competitividade é reduzida comparada às hidrelétricas convencionais.

Com relação aos aspectos socioeconômicos, haverá geração de oportunidades de emprego com a instalação das usinas e trará benefícios à comunidade gerando atividades turísticas no entorno da usina. Os custos variam de um país para outro de acordo com as condições energéticas, sociais e ambientais. Geralmente os grandes projetos são mais econômicos do que os pequenos, por causa do kwh produzido o valor se torna menor (SANTOS, et al., 2015).

Tratando-se da relação de custo-benefício da implantação de energia maremotriz sem levar em conta os fatores ambientais, o investimento se torna duas vezes maior em comparação a outras fontes de produção de energia, o que do ponto de vista de uma cultura não ambiental que visa simplesmente lucrar acima das condições e saúde do meio ambiente, esse tipo de produção de energia ficará sempre entre as últimas escolhas de investimento para produção. É importante considerar, contudo, que o investimento a longo prazo e a mudança da matriz energética compensam por meio do equilíbrio econômico-ecológico (IRENA, 2020).

A questão financeira é uma grande barreira no desenvolvimento da energia oceânica. Os custos para produção da energia são relativamente altos comparado a outros tipos de energia renovável pelo seus altos custos iniciais. Custos como o de instalação, pesquisa, desenvolvimento e fabricação, que são altos devido às

novidades tecnológicas e a falta de uma economia estruturada. As novas tecnologias são associadas a um alto risco, devido às incertezas que surgem com o fato da falta de familiaridade e experiência operacional dos dispositivos e dessa maneira fica mais difícil encontrar investidores e financiamento adequado para os projetos. Para vencer esse desafio faz-se necessário o uso da educação e conscientização bem como, a criação de novos modelos de negócios como unidades de geração de eletricidade renovável híbrida (IRENA, 2020).

4.5 A Problemática Ambiental e a Implantação da Energia Renovável, suas Vantagens e Desvantagens

Arlindo Philippi e Lineu Belico disseram em seu livro “Energia e Sustentabilidade” que houve uma percepção de grande desequilíbrio ambiental no ano de 1950, muito estudada e apresentada em dados científicos os inúmeros problemas ambientais que tem como destaque a causa principal da exploração exacerbada de recursos naturais e conseqüentemente o uso acentuado deles sem a consciência plena de que os mesmos são finitos e um dia podem acabar se não houver um controle maior da exploração do meio ambiente e suas riquezas.

Sabe-se que um dos principais causadores dos impactos ambientais como efeito estufa, poluição do ar, desmatamento, infâmia marinha, degradação da fauna e flora, contaminação de rios e lagos, radiação, chuva ácida, alterações climáticas e muitos outros de uma lista imensa de problemas ecológicos inclusive geofísicos também, é a produção de energia elétrica (PHILIPPI, et al., 2016). A terra tem idade de aproximadamente 4,5 bilhões de anos e neste processo a terra sofreu e sofre até hoje grandes mudanças, sendo elas causadas pelos considerados fenômenos naturais como erupção de vulcões, evolução das espécies biológicas e a radiação solar ou os impactos causados pela exploração humana dos recursos naturais.

Um grande marco para a História da terra como um período que trouxe muitas conseqüências negativas para o meio ambiente, foi a tão conhecida Revolução industrial, esta provocou uma seqüência de impactos ambientais em grande velocidade e sem controle. O consumo aumentou exponencialmente e conseqüentemente a maior produção dentro das indústrias também, maior produção de energia, uma grande exploração de matéria prima e construção de mais espaços voltados ao lucro do mercado como indústrias, shoppings, lojas e afins. E a natureza dentro de tudo isso servindo como fonte de serviços e recursos, sendo tratada como se fosse durar para sempre e que não precisasse de reposições (VECCHIA, 2014).

Diante desse cenário histórico mundial de problemáticas ambientais, as energias renováveis surgiram com a missão de reverter este quadro trágico. O mar, objeto de estudo do presente projeto, é uma fonte de energia que traz muitas vantagens e pode ser uma ótima opção para a substituição do uso de combustíveis fósseis, os quais são extremamente poluentes ao meio ambiente. A maremotriz é uma energia de origem limpa, ou seja, é produzida sem o uso de petróleo, carvão, gás natural entre outros denominados combustíveis fósseis que quando utilizados para a produção de energia acabam liberando em seu processo gases que contribuem para o efeito estufa ou poluentes para a natureza.

A energia das marés também é uma fonte renovável de energia, porque assim como o vento e o sol, a água do mar também é uma fonte infinita, e se bem utilizada pode ser muito promissora para o meio ambiente. Um estudo sobre o uso das energias oceânicas revelou em suas pesquisas que haverá uma redução do poluente “Carbono” na atmosfera não em curto, mas em longo prazo, visto que todos os projetos de energia pelos oceanos estão em fase de adaptação, teste de protótipos ou estudos e ainda estão em fase de conceito e descoberta. Estão inclusive passando por “pesquisa e desenvolvimento” como diz o estudo.

Os autores do projeto disseram em sua pesquisa detalhadamente sobre a capacidade oceânica instalada que era de 10 MW no mundo no início de 2009 e ao final deste mesmo ano já estava em 300 MW, ou seja, há uma previsão crescente do investimento deste tipo de energia para implantações de projetos em larga escala, com custo reduzido e mais acessível no futuro. Diante das variedades já estudadas deste tipo de energia renovável (ER), avaliações acreditam que será possível utilizar desta fonte não só para a geração de energia, mas também para quem sabe a geração de água potável e energias térmicas.

Com ênfase à maremotriz, os autores do projeto acreditam que possa ser uma ótima fonte de energia para fazer adaptação das usinas hidrelétricas fluviais, provenientes da exploração de rios que muitas vezes não estão mais suportando a demanda energética, e no Brasil por exemplo, já foram vivenciadas crises com a falta d'água em alguns lugares por conta disso. Embora os princípios de maremotriz sejam antigos, a elaboração é limitada, no momento, aos estudos e protótipos, mas com a expectativa de que a longo prazo trará inúmeros

benefícios para a sociedade e principalmente ao meio ambiente que sofre os efeitos do atual modelo de produção de energia (IRENA, 2020).

Segundo uma pesquisa realizada por estudantes de pós graduação da Universidade Federal do Pará, até 2020 a união europeia cumpriria ao menos 20% da quantidade de energia que produz e utiliza, vinda de fontes de energia renovável, mas assim como nesse caso, existem muitos outros que mostram diversos empecilhos para a implantação das fontes de energias limpas, e a maremotriz não seria diferente. Ao enfatizar a energia vinda dos oceanos, fatores vêm à tona quando falado das dificuldades encontradas por conta dos muitos locais que não são favoráveis para a implantação da mesma, além de também encontrar-se o argumento de algumas pesquisas indicando o projeto de difícil construção por conta dos altos investimentos e baixo aproveitamento energético (OLIVEIRA, 2014).

O ambiente marinho por apresentar movimento contínuo da água e um grau considerável de sais oferece alguns desafios técnicos pois os dispositivos precisam suportar condições altamente energéticas e os esforços de manutenção aumentam. Condições como atmosfera extrema, chuvas fortes, ventos fortes, ondas de calor, mudanças bruscas de temperatura e principalmente a corrosão que está ligada ao alto grau de salinidade da água e a exposição dos dispositivos por longos períodos de tempo. Logo, os componentes precisam ter um alto grau de resistência para suportar todos esses desafios. Visando essas barreiras se faz necessário a identificação desses desafios no estágio de planejamento para que melhorias sejam aplicadas e testes sejam realizados antes de ser implantado em larga escala eliminando riscos (IRENA, 2020).

Os projetos de maremotriz exigem condições específicas para ser desenvolvidos, mas é importante salientar que realmente todo grande projeto exige um grande investimento e se houvesse, de repente, uma troca de aplicação nas fontes não-renováveis para que o capital fosse revertido para o de fontes que são inteiramente renováveis, seria muito mais vantajoso para o país e para a natureza. No Brasil, por exemplo, os melhores lugares para este tipo de energia ser implantada se encontra no Amapá, Pará e Maranhão onde segundo os estudos da região a maré chega até 6 metros de altura.

A energia vinda dos oceanos não polui diretamente o meio ambiente porém, existem efeitos negativos vindos da construção da usina em larga escala pois, podem causar mudanças nos locais naturais, até porque é improvável que o ser humano interfira em algum meio natural sem que hajam as consequências das suas ações refletidas na natureza. O que se pode fazer é amenizar os mesmos, para que os danos sejam os menores possíveis. Mas é importante pôr em destaque os danos que a construção de uma barragem, por exemplo, pode causar e considerando que pode ocasionar alterações ao ecossistema do local escolhido, a importância de especialistas na área como engenheiros ambientais e oceanógrafos é extremamente essencial para que haja a implantação da barragem da melhor forma.

A operação da usina também é um risco pois podem causar alterações no estuário local, como em sua geomorfologia, causando alterações ou até contaminações químicas das águas podendo prejudicar os níveis de oxigênio e o sal presentes no local. Podem haver contribuições negativas à fauna e flora local também tendo como consequências problemas na reprodução, distribuição e composição das espécies. Através de uma pesquisa realizada analisando a usina de La Rance observou-se que estes impactos ocorreram principalmente durante a construção da usina, mas depois ao longo do funcionamento recuperou-se um equilíbrio ecológico novamente e a usina permanece em funcionamento sem maiores problemas (BEZERRA, et al., 2011).

Em relação aos impactos ambientais causados pela energia oceânica, pouco se conhece por se tratar de sistemas em estágio inicial de implantação das tecnologias porém os impactos negativos podem surgir ao longo do tempo na forma de perda de habitat, interações animal-turbina, ruído e campos eletromagnéticos produzidos por cabos marítimos que podem oferecer algum efeito as espécies presentes no mar. Outro fato que pode causar efeitos ao ambiente está ligado ao aumento do tráfego de embarcações para implantação e manutenção dos dispositivos (IRENA, 2020).

O comprometimento com o cuidado do meio ambiente é levado a sério nas instalações dos sistemas de produção de energia, neles são instalados vários dispositivos de monitoramento conectados à turbina para coleta de dados e expansão das pesquisas sobre os impactos no meio ambiente. Dados como risco de colisão, impactos acústicos, e impactos nas correntes, erosão e transportes de sedimentos são analisados com frequência. Os dispositivos mais comuns para este tipo de análise são: Hidrofones, sensores, câmeras, perfis acústicos de corrente Doppler e observação terrestre.

Algumas pesquisas realizadas apontam que até o momento os resultados são positivos em relação aos impactos ambientais, as análises de ruídos se mantém abaixo dos limiares auditivos para as espécies causando pouco impactos. Problemas de colisão também não apresentam riscos para as usinas de maré pelo fato de grande parte da população marinha desocupar o local, independente das turbinas diante desses dados conclui-

se que os impactos ambientais são muito menores do que os esperados. Além dos ricos pode-se perceber alguns pontos positivos também como o aumento da biodiversidade onde os sistemas de energia oceânica atuam como recifes artificiais (IRENA, 2020).

4.6 Usinas Maremotrizes no Brasil e no Mundo

Em 27 de Novembro de 2017 foi publicado no diário do transporte por Ricardo Guggisberg uma notícia relatando um acontecimento extremamente importante para vários países que aconteceu entre os dias 06 ao 17 de novembro de 2017, a Conferência do Clima da ONU (COP 23) que foi realizada na Alemanha com o destaque para o tema de sustentabilidade ambiental. Diante do evento acontecido foi reconhecido que o Brasil ocupa um patamar diferenciado com relação a sua grande variedade de produções energéticas renováveis, sendo assim considerado um dos países que mais estaria explorando bem esses recursos naturais. Segundo esse artigo o Brasil, em 2015, já possuía 41,2% da matriz nacional vindas de fontes renováveis de energia, sendo as hidrelétricas a forma de exploração com maior porcentagem de eletricidade produzida (Figuras 13 e 14), correspondendo a 64% da capacidade instalada (IRENA, 2020).

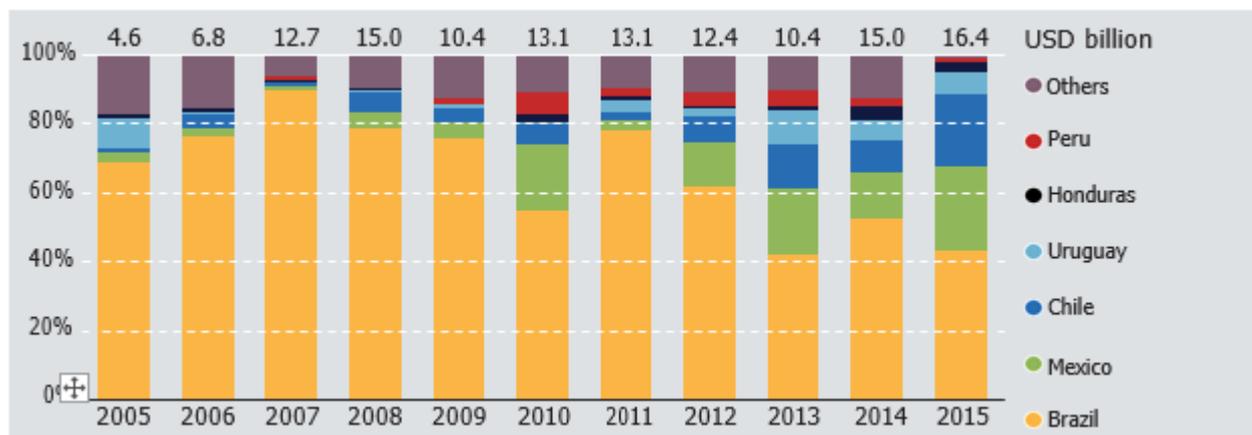


Figura 13. Investimento em Energia renovável, 2010-2015: Por País (IRENA, 2016).

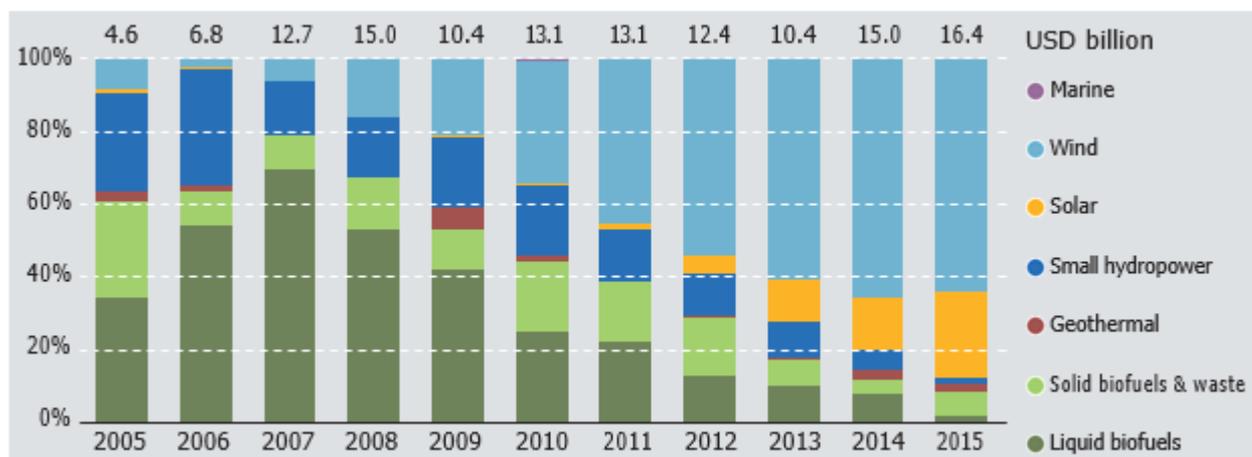


Figura 14. Investimento em Energia renovável, 2010-2015: Por Tecnologia (IRENA, 2016).

O interesse em desenvolvimento sustentável já é algo mundial, por isso a ONU (Organização das Nações Unidas) em 2015 desenvolveu as chamadas ODS (Objetivos de desenvolvimento Sustentável) que são na verdade desafios econômicos, políticos e ambientais que têm como pauta 17 objetivos que foram emitidos numa documentação chamada “Agenda 2030” com intuito de estabelecer prioridades em áreas como desigualdade, tecnologia, mudanças climáticas, consumo, sustentabilidade, justiça, paz e principalmente causas ambientais até o ano de 2030.

A ODS de número 7, é responsável pela “ Energia Limpa e acessível” é um dos tópicos importantes a salientar no projeto, pois nele pode-se absorver o objetivo mundial de proporcionar o acesso à energia sustentável e renovável, de custo acessível e confiável para a sociedade (IRENA, 2020). É extremamente importante para o futuro do ecossistema tratar desses assuntos de maneira internacional, e solicitar o apoio de outros países para cumprirem metas conjuntas, mas nem sempre foi assim. No início do ano 1970 existia um ideal convincente para a época entre as nações, o qual diziam que os recursos naturais seriam inesgotáveis, ou seja, poderiam explorar os recursos para sempre que não haveria consequências negativas.

Aos poucos, os países onde as indústrias eram mais desenvolvidas, perceberam o tamanho do desastre que se espalhava aos poucos e conseqüentemente houve um despertar para as causas ambientais, as quais foram pauta de uma primeira reunião chamada conferência de Estocolmo e a segunda foi a tão marcante ECO-92 onde foi desenvolvida a chamada “Agenda 21”, a qual contém algumas políticas de responsabilidades ambientais.

Diante desse cenário, pode-se perceber que a Energia das Ondas está dentro dos princípios da sustentabilidade, e que mesmo com seus desafios possuem alguns exemplos marcantes de usinas que já se encontram em fase de teste, no Brasil e no mundo demonstradas a seguir.



Figura 15. Distribuição geográfica dos projetos de Energia Oceânica (IRENA, 2020).

4.6.1 Dispositivo para Aproveitamento da Energia das Ondas no Porto Pecém – CE (Brasil)

A primeira usina de ondas da América Latina construída em 2012 é em Porto Pecém, CE, sua fabricação é inteiramente brasileira e foi a grande obra que fez com que o Brasil entrasse para um grupo específico de países que sabem gerar energia elétrica através das ondas do mar. A região da usina se encontra a 60 km da capital, onde as condições e características da região atraíram para haver a construção desta usina no local, segundo um artigo de pesquisa realizado pela UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto), as ondas chegam a até 2 metros de altura e se mantêm constantes pelos ventos da região. A seguir uma foto geral da usina em seu funcionamento (OLIVEIRA, 2014).



Figura 16. Energia das Ondas no Porto Pecém, Ceará (ROTHBARTH, 2017).

4.6. Dispositivo para Aproveitamento da Energia das Ondas em Rance (França)

Segundo o artigo elaborado por pós-graduando da Universidade Federal de Itajubá - MG , a primeira usina Maremotriz do mundo foi construída em Saint-Malo e Dinard na França no ano de 1966 nas áreas do rio Rance. O local se deu como ponto de partida devido às grandes marés, estas que em seu máximo alcançam 13,5 m. A obra foi atribuída a um local que tem diversas vantagens naturais e com valores muito satisfatórios para sua boa execução, a Figura 17 mostra uma imagem da usina (BOTAN, 2014).



Figura 17. Primeira Usina Maremotriz do Mundo em Saint-Malo, França (RODRIGUES, 2019).

5 Considerações Finais

É possível observar um mecanismo de ligeira autonomia na produção de energia limpa no Brasil, visto que, o recente relatório da COP 23 mostra que se tem uma produção acima de 60% diante dos dados mais atualizados, obtendo assim, uma considerável situação de produção que pode se chamar “confortável”. Mas analisando pelo ponto de vista crítico, em 2009 se obteve acima de 80% como foi visto no gráfico apresentado no projeto, ou seja, houve uma perda de 20% da capacidade de produção de energia renovável com o passar dos anos.

Outro aspecto que também é importante salientar é o conjunto de fontes utilizadas e utilizáveis, pois a fonte citada no trabalho aponta que entre 2009 e 2015 o grande crescimento da produção de energia aconteceu nas energias eólica e solar se destacando diante das outras, considerando que a principal fonte, principalmente no Brasil, sejam as hidrelétricas. A Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), indica que a utilização de energia por maremotriz se concentra atualmente na Europa e Ásia, com alguma capacidade também na América do Norte. Mas não faz grandes referências às fontes na América do Sul. Portanto é importante considerar o caso documentado de que em Pecém no Ceará, tem capacidade de produção, e que em outros lugares no Brasil se têm Portos que podem também adquirir essa capacidade como o Porto de Santos em São Paulo e em Santa Catarina, além de algumas áreas no Norte e Nordeste como já foi citado anteriormente.

Diante do que foi apresentado, a energia proveniente de fontes oceânicas exige um alto investimento para sua instalação e corre alguns riscos durante o processo de construção de uma usina Maremotriz, por exemplo. Todavia o artigo em questão conseguiu mostrar a possibilidade da instalação diante das tecnologias atualmente disponíveis para a utilização da energia renovável e a necessidade de valorização das mesmas vindas de fontes naturais como uma solução para diminuir os problemas ambientais. E com relação às energias Oceânicas foi possível observar que é repleta de possibilidades e existem vários tipos, em teste ainda, entretanto com ofertas bastante promissoras para serem exploradas nos ambientes certos e da forma correta, conseguindo assim, ter um rendimento energético bom e garantir a preservação ambiental. Portanto, é visível as muitas possibilidades de desenvolvimento dentro do mercado de energias limpas, visto que, os dispositivos citados no trabalho são prósperos e pertinentes a um maior destaque dentro de futuros projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUDIBERT CISCO, L. et al. *O Oceano como Fonte de Energia: uma revisão da literatura*. Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia, v. 6, n. 2, p. 23–33, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/ripe/article/view/35034>. Acesso em: 10 jun. 2022.
- BEZERRA LEITE NETO, Pedro et al. *Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências*. Ingeniare. Rev. chil. ing., Arica, v. 19, n. 2, p. 219-232, agosto 2011. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052011000200007&lng=es&nrm=iso. Acesso em 20 de maio. 2022.
- BOTAN, Antonio Carlos Barkett. *Desenvolvimento de uma Turbina de Fluxo Reversível para Uso em Usina Maremotriz com Operação em Duplo Efeito*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, 2014, 146 p. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/447>. Acesso em: 9 maio. 2022.
- CARVALHO, M. B. de; HENRIQUE, D. de D. S.; SOUSA, F. S.; MONTEIRO, M. K. M.; SANTANA, P. H. V. N. *Energia Marítima: Aspectos Tecnológicos, Econômicos e Impactos Ambientais Na Geração de Eletricidade*. Revista Liberato, v. 22, n. 37, p. 59–70, 2021. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/683>. Acesso em: 30 abril. 2022.
- DOMINGOS, Alessandro Miguel. *Geração Maremotriz Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica da Implantação Hipotética de Geradores Maremotrizes no Estreito Entre as Baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina*. Cadernos Acadêmicos, v. 5, n. 2, p. 37-63, set. 2014. ISSN 2175-2532. Disponível em: https://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/Cadernos_Academicos/article/view/2195. Acesso em: 19 maio. 2022.
- DUTRA, A. D. S.; MARQUES, F. V. M. D. S. *O Uso de Energias Renováveis como Mecanismo de Sustentabilidade: X Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2014*, 15 p. Disponível em: https://www.inovarse.org/artigos-por-edicoes/X-CNEG-2014/T14_0331.pdf. Acesso em: 25 mai. 2022.
- GOBATO, R.; GOBATO, A.; FEDRIGO, D. F. G. *Aproveitando a energia das ondas da superfície oceânica pelo Sistema Pelamis*. Revista Paraná de Ciência e Educação, v.2, n.2, 20 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/295549922_Harnessing_the_energy_of_ocean_surface_waves_by_Pelamis_System. Acesso em: 28 mai. 2022.
- FERREIRA, R. M. D. S. D. A. *Aproveitamento da Energia das Marés Estudo de Caso: Estuario do Bacanga, Ma*, Rio de Janeiro, 2007, 137 p. Disponível em: <https://buscaintegrada.ufrj.br/Record/aleph-UFR01-000685077>. Acesso em: 25 mai. 2022.
- IRENA (2020), Innovation outlook: *Ocean energy technologies*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponível em: https://www.irena.org/publicationsearch?re_source=82b1c0b60fd8412aaa04f867cbe440a5. Acesso em: 30 mai. 2022.
- IRENA (2021), *African Renewable Electricity Profiles for Energy Modelling Database*: Hydropower, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Disponível em: https://www.irena.org/publicationsearch?re_source=82b1c0b60fd8412aaa04f867cbe440a5. Acesso em: 30 mai. 2022.
- LEWIS, A. ESTEFEN, S.; HUCKERBY, J.; et al. *Ocean Energy. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (eds. O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, et al.). Cambridge University Press: 2011.

- MACHADO, L. C. *Estudo da Exploração, Geração de Eletricidade, Impactos Ambientais e Viabilidade Econômica de Projetos da Energia de Maremotriz*. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - Sergipe, v. 3, n. 2, p. 75–86, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/2808>. Acesso em: 1 jun. 2022.
- MOREIRA, J.R. S. (2021). *Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética* (2ª edição). Grupo GEN. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788521636816>. Acesso em: 11 Abril. 2022.
- OLIVEIRA, A. S. D.; DIAS, H. M.; FURTADO NETO, G. *Estudo de Viabilidade para Geração de Energia Odomotriz em Determinadas Regiões do Brasil*, 2020, 26 p. Disponível em: <http://dspace.doctum.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/3668?show=full>. Acesso em: 19 mai. 2022.
- OLIVEIRA, Luciana Leal Pimentel. *Desenvolvimento de uma Metodologia para Implantação de Centrais Maremotrizes: Aplicação na Costa Atlântica do Pará*. 2014. 130 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2014. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPA_2d4996b61f8a80b77d5be3256ed10a99. Acesso em: 5 jun. 2022.
- PHILIPPI, A. J. e Lineu Belico dos Reis. *Energia e sustentabilidade*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9786555761313>, Editora Manole, 2016. Acesso em 13 de maio de 2022.
- RODRIGUES, A. L. *Estudo do Ganho de Rendimento de uma Turbina Hidráulica de Fluxo Reversível do tipo Wells Dotada de Sistema Diretor de Pás Fixas, aplicada em Centrais Maremotrizes*, Itajubá, 2019, 126 p. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/2047>. Acesso em: 10 mai. 2022.
- ROTHBARTH, S. G. B. G.. *Estudo de Viabilidade da Instalação de Usina Marítima de Geração de Energia Elétrica no Litoral Norte de Santa Catarina*, Joinville, SC, 2017, 115 p. Disponível em: http://www.npee.joinville.br/_publicacoes/arquivo891.pdf. Acesso em: 22 mai. 2022.
- ROSA, A. (2014). *Processos de Energias Renováveis*. Grupo GEN. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788595152045>. Acesso em: 15 Abril. 2022.
- SANTOS, Fernanda Barbosa Silva; MOREIRA, Ícaro Thiago Andrade. *Viabilidade da maremotriz em algumas das regiões litorâneas do nordeste do Brasil*. Revista Eletrônica de Energia, v. 5, p. 71-78, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/28985>. Acesso em: 19 mai. 2022.
- SILVA, Rodrigo Guerreiro e. *A Geração De Energia Maremotriz E Suas Oportunidades No Brasil*. Revista Ciências do Ambiente On-Line, v 8, n 2, 82-87, 2012. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/337>>. Acesso em: 01 jun. 2022.
- SANTOS, M.A. D. (2013). *Fontes de Energia Nova e Renovável*. Grupo GEN. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/978-85-216-2474-5>. Acesso em: 15 Abril. 2022.
- TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno*. Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p.: il; 21 x 29,7cm
- VECCHIA, R. (2014). *Energia das Águas: Paradoxo e Paradigma*. Editora Manole. <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788520449417> Acesso em: 01 jun. 2022.