

Universidade Federal de São Paulo

Departamento de Ciências do Mar

Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do Mar

Marina Camargo Ciampaglia

**Uso de Energia Oceânica**

Santos, SP

2020

Marina Camargo Ciampaglia

O uso de energia oceânica

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do mar, da Universidade Federal de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia do Mar

Orientador: Professor Doutor Fernando Ramos Martins

Santos, SP

2020

172u Ciampaglia, Marina .  
    Uso de energia oceânica . / Marina Ciampaglia;  
Orientador Fernando Martins. -- Santos, 2020.  
    40 p. ; 30cm

TCC (Graduação - Bacharelado Interdisciplinar em  
Ciências e Tecnologia do Mar) -- Instituto do Mar,  
Universidade Federal de São Paulo, 2020.

1. Fontes renováveis de energia . 2. Energia  
oceânica . 3. Impactos ambientais . I. Martins,  
Fernando , Orient. II. Título.

CDD 551.46

## AGRADECIMENTOS

Agradeço minha mãe por todo o apoio durante a minha graduação e por sempre estar presente na minha vida, me apoiando e incentivando nas minhas decisões, inclusive a de começar meus estudos para me tornar Bacharel em Ciência e Tecnologia do Mar.

Agradeço também meu orientador, por ter acreditado no meu projeto e ter me dado todo apoio e suporte ao longo de todo o percurso.

Agradeço também aos meus amigos que estiveram ao meu lado, me dando apoio moral e me confortando durante todo o meu trajeto na universidade.

## RESUMO

Esse trabalho é uma revisão bibliográfica que aborda a questão do aproveitamento dos diversos recursos energéticos disponíveis no oceano, como a geração de energia através de ondas, marés, correntes oceânicas, e até mesmo a energia eólica offshore, desde sua importância no mundo moderno até os modelos que estão em uso na atualidade, suas implementações ao redor do globo, potenciais impactos ambientais que esse tipo de energia pode causar, e a potencialidade de implementação na costa brasileira. Uma descrição dos fenômenos naturais envolvidos, ondas e marés, também é feita, e algumas das tecnologias disponíveis para uso em todo o mundo serão apresentadas. Uma breve análise de impactos é discutida, com os potenciais riscos ambientais de uma construção desse porte na água. Uma análise sobre a possibilidade de implantação no Brasil também é abordada, com quais tipos gerariam maior energia na nossa costa. Para esse trabalho foi feita uma extensa revisão bibliográfica com artigos científicos publicados no Brasil e em outras partes do mundo.

Palavras chaves: Energia, oceanos, marés, ondas, impactos, Brasil

## ABSTRACT

This thesis is a bibliographic review that will address the issue of taking advantage of the various energy resources available in the ocean, such as power generation through waves, tides, ocean currents, and even offshore wind energy, from its importance in the modern world to the models that are in use today, their implementations around the globe, potential environmental impacts that this type of energy can cause, and the potential for implementation on the Brazilian coast. A description of the natural phenomena involved, waves and tides, will also be made, and some of the technologies available for their use around the world will be presented. A brief analysis of impacts is discussed, with the potential environmental risks of a construction of this size in the water. An analysis of the possibility of implantation in Brazil is also addressed, with which types would generate more energy on our coast. For this work, an extensive bibliographic review was made with scientific articles published in Brazil and in other parts of the world.

Key words: Energy, ocean, tides, waves, impacts, Brazil

# SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 8  |
| 2. ENERGIA OCEÂNICA .....                                     | 10 |
| 3. MODELOS DE ENERGIA OCEÂNICA .....                          | 15 |
| 3.1. ENERGIA DE MARÉS .....                                   | 17 |
| 3.2. ENERGIA DE CORRENTES OCEÂNICAS .....                     | 19 |
| 3.3. ENERGIA DE ONDAS .....                                   | 20 |
| 3.4. ENERGIA EÓLICA OFFSHORE .....                            | 23 |
| 4. PLANTAS EM FUNCIONAMENTO .....                             | 25 |
| 5. IMPACTOS AMBIENTAIS.....                                   | 29 |
| 5.1. IMPACTOS AMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA DE MARÉS.....  | 31 |
| 5.2. IMPACTOS AMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA DE ONDAS:..... | 32 |
| 5.3. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO RUÍDO DE OPERAÇÃO..... | 32 |
| 6. IMPLEMENTAÇÃO NA COSTA BRASILEIRA .....                    | 34 |
| 7. CONCLUSÃO .....  | 37 |
| 8. REFERÊNCIAS:.....  | 38 |

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1750 teve início a revolução industrial em território inglês, sua principal fonte de energia era o carvão. Nesse período os setores industriais se desenvolveram muito, principalmente o têxtil e o siderúrgico. A partir daí o uso de energia se tornou cada dia mais indispensável para o mundo moderno (Bernoulli, 2013).

O petróleo começou sua trajetória em 1854 como fonte energética, na iluminação de ruas e residências, através do seu subproduto, o querosene. O consumo de petróleo teve um aumento significativo quando utilizado em veículos motorizados (COPPE/UFRJ, 2014).

As crises do petróleo ocorreram após a 2ª guerra mundial, sendo a primeira marcada pela disputa entre multinacionais e estados para a obtenção do controle do processo produtivo e distributivo; e a segunda entre países produtores e consumidores. Com isso o uso de petróleo como fonte de energia teve que ser revisto, e novas alternativas energéticas tiveram que ser criadas (COPPE/UFRJ, 2014).

A demanda de energia global cresce a cada dia e o uso de energia oceânica pode ser uma alternativa para suprir esse aumento. Desenvolvimentos tecnológicos em energia *offshore* estão se aprimorando, e com os custos de energia atuais aumentando, acredita-se que essas tecnologias serão economicamente viáveis em alguns anos (Frid C., et al, 2011).

O recurso energético obtido a partir dos oceanos é uma alternativa em uma época em que as fontes renováveis estão sendo cada dia mais importantes para proporcionar um futuro sustentável com menor queima de combustíveis fósseis, e com uma necessidade energética cada dia maior. O mar como uma fonte de energia, não poluente e ainda renovável, se torna uma ótima opção para países que possuem uma longa zona costeira, ou até mesmo, países que têm como prioridade o investimento em energias renováveis e não poluentes.

Muitos estudos têm sido feitos em relação a essa nova fonte energética com foco nas áreas tecnológicas, econômicas e superação de barreiras institucionais,

porém nas áreas sociais e dos impactos ecológicos não há muitas informações uma vez que a maioria dos equipamentos e tecnologias ainda estão em fase de desenvolvimento e testes (Bonar P.A.J., et al, 2014).

O desenvolvimento de fontes renováveis de energia *Offshore* possuem um posicionamento controverso do público, devido às preocupações em relação aos impactos cumulativos de grandes empreendimentos na natureza e na vida marinha (Bonar P.A.J., et al, 2014).

A incerteza em relação a todas essas questões combinada com um longo e complexo estudo de impacto ambiental (EIA), realizado em uma fase anterior à autorização do empreendimento, diminuiu a velocidade do crescimento do setor de energias renováveis marinhas (Greaves D., et al, 2014).

A aplicação de energias renováveis aumentou muito rapidamente na última década para resolver alguns problemas como o crescimento da demanda e problemas ambientais relacionados ao consumo de energias fósseis. A energia oceânica possui um grande potencial como fonte renovável, pois apresenta maior previsibilidade se comparado com fontes de energia já consolidadas como a energia eólica e solar (Shamsipour R. et al, 2013).

Esse projeto aborda a energia oceânica, seus riscos para o meio ambiente, suas utilizações na atualidade e sua viabilidade como uma matriz energética brasileira, em um futuro próximo.

Aqui é apresentada a energia oceânica como alternativa energética renovável abordando pontos como os riscos em sua instalação e implantação, viabilidade como matriz energética. O trabalho também aborda os pontos positivos e negativos com base em estudos produzidos na experiência de instalação e operação de plantas com diversas escalas de tamanho em funcionamento no mundo.

Os aspectos ambientais e sociais também são discutidos para compreendermos as dificuldades encontradas na aceitação pública dessas plantas de geração de energia.

Impactos ambientais observados nas plantas já em operação são abordados de forma a compreender como a costa brasileira seria afetada em caso de uma implantação de plantas de geração similares nas águas territoriais brasileiras.

## 2. ENERGIA OCEÂNICA

O grande desenvolvimento tecnológico das últimas décadas gerou uma demanda crescente por energia, há muito atendida por fontes não renováveis de energia, como o petróleo e o carvão. Por outro lado, essas fontes na maioria dos casos são poluentes e, em algum momento, se esgotarão. (OLEINIK, P.H et al, 2016). Políticas públicas para a redução de gases de efeito estufa, principalmente na área de produção de energia elétrica, têm sido pensadas ao redor do mundo. Como resultado dessas políticas, um movimento internacional teve início, na promoção de mecanismos para a redução de emissão de gases poluentes e para a promoção de tecnologias limpas e ecologicamente favoráveis para a geração de energia (Denny E., 2008). Com essa visão de futuro, grande parte da pesquisa atual está tentando encontrar e tornar viáveis métodos de conversão de energia limpa e renovada. (OLEINIK, P.H et al, 2016).

As várias nações participantes na comissão de Oslo-Paris se comprometeram a reduzir significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> em um curto período. A União Europeia tem como objetivo ter pelo menos 20% de sua geração de energia produzida por fontes renováveis até 2020 (Frid C., et al, 2011).

O Brasil caminha para atingir a meta de redução nas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em 2020. A projeção está no caderno Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13, publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). O estudo aponta que a meta voluntária nacional de emitir 1.977 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq (CO<sub>2</sub> equivalente, unidade de medida das emissões de gases do efeito estufa) é considerada factível na avaliação das pesquisadoras, caso não ocorram alterações bruscas nas políticas nacionais sobre esse tema (Ministério do meio ambiente, 2019).

O diagnóstico leva em consideração a série temporal de estudos sobre as emissões de CO<sub>2</sub> no país – gás que é o principal responsável pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas. De acordo com os dados analisados, em 2005 o Brasil emitiu 2.133 milhões de tonCO<sub>2</sub>eq. Já em 2015, o volume caiu

para 1.368 milhões, o que corresponde a uma redução de 35,9% (Ministério do meio ambiente, 2019).

O compromisso do Brasil para 2020 é reduzir entre 36% e 39% as emissões. Em 2015 (dado oficial mais recente, coordenado pelo MCTIC (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e Comunicações)), a redução já era de 58%. No que diz respeito à NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada), a redução de emissões em comparação com 2005 deve ser de 37% até 2025, com indicativo de 43% até 2030. Com base no mesmo dado do MCTIC, a redução de emissões já era da ordem de 35% em 2015 (Ministério do meio ambiente, 2019).

Com exceção do Brasil e da Indonésia, cujos desmatamentos respondem pela maior parcela de emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa) nessas nações, o setor energético é o principal fator do aquecimento global na grande maioria dos países (Figura 1). No entanto, o segundo posto no ranking de setores econômicos que mais liberam GEE varia entre os signatários (Instituto de Economia Agrícola S.P., 2017).

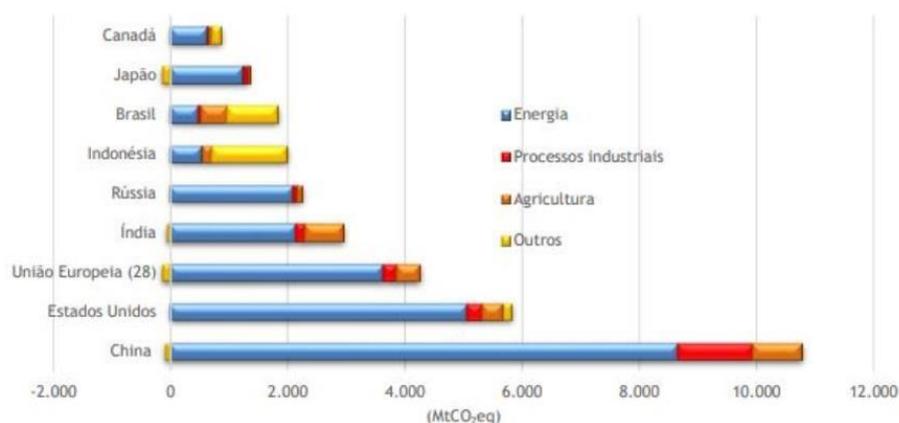


Figura 1. Distribuição das emissões de gases por fonte, Principais Países, 2012 (Instituto de Economia Agrícola S.P., 2017).

As fontes de energia renovável solar e a eólica estão sendo utilizadas ao redor do mundo, e mostraram ser uma alternativa potencial, para a redução de poluentes emitidos na geração de energia elétrica, porém, a viabilidade dessas formas de produção de energia, dependem de condições climáticas que não podem ser controladas pelo operador do gerador, e sim de fatores externos,

como presença de nebulosidade, velocidade dos ventos, entre outros (Denny E., 2008).

Há também outras pouco exploradas devido à necessidade de um avanço científico e tecnológico em suas respectivas áreas. Tendo em vista que os oceanos representam 70% da superfície do planeta, e contêm enormes quantidades de energia, (Fleming F.P., 2012) devido as suas condições meteorológicas e astronômicas, ele está constantemente convertendo e transportando energia na forma de ondas, correntes e marés de uma região para outra do planeta. Atualmente, não é possível fazer um monitoramento observacional completo da potencialidade desse tipo de conversão de energia. (OLEINIK, P.H et al, 2016) O potencial da energia oceânica é pouco avaliado no mundo e menos ainda no Brasil. (Fleming F.P., 2012) Entretanto podemos utilizar a modelagem matemática, visto que com o advento da era computacional se tornou um método barato e de fácil implementação, para os estudos oceânicos na geração de energia (OLEINIK, P.H et al, 2016).

Para países com área costeira significativa, a utilização de fontes de energia oceânica em áreas costeiras e offshore é uma opção bastante atraente. O conselho mundial de energia em 2007, estimou que se menos de 0.1% de fonte renovável de energia presente no oceano pudesse ser convertida em eletricidade, a demanda mundial seria satisfeita, em mais de 5 vezes (Frid C. et al, 2011).

A energia gerada através de marés é um modelo atrativo, devido à natureza determinada das marés e a energia cinética gerada por elas (Nash S. et al. 2014). A energia gerada por esse modelo, pode prover uma fonte significativa de energia renovável. Com novas tecnologias na área de engenharia offshore e com o custo de produção atual de combustíveis fósseis aumentando, há uma grande possibilidade de que o custo da implementação de plantas de energia offshore se torne viável economicamente nos próximos anos (Frid C. et al, 2011).

Atualmente a energia eólica é a principal fonte de energia renovável offshore, e com o maior aproveitamento em ambiente marinho da atualidade, porém com os desenvolvimentos na área de energia de ondas, e marés nos anos recentes, essas novas modalidades energéticas offshore estão crescendo. Energia através de ondas detém um potencial gigantesco para suprir metas de geração

energética, e isso tem encorajado o desenvolvimento de projetos piloto, locais para os testes serem realizados, e perspectivas de instalação ao redor do globo (Leeney R.H. et al., 2014).

Mesmo que os estudos sobre as possibilidades energéticas oceânicas estejam no início, o potencial oceânico em teoria excede as necessidades humanas. Os oceanos também podem oferecer outros recursos além da geração de energia, como produzir água potável e o fornecimento de energia térmica (Fleming F.P., 2012).

Segundo Fleming F.P., “as tecnologias de energias oceânicas, com exceção de barragens de maré, ainda estão em estágio pré-comercial de desenvolvimento, seja na fase de pesquisa e desenvolvimento ou no desenvolvimento de protótipos e estágio de demonstração. A primeira unidade comercial de aproveitamento de energia oceânica entrou em operação em 1966 e consiste em uma usina mare motriz instalada na França. Desde então, apenas algumas outras usinas mare motrizes e algumas unidades de demonstração de energia de ondas foram instaladas no mundo. Em 2009, a capacidade instalada adicional foi menos que 10 MW em todo o mundo, totalizando uma capacidade de aproximadamente 300 MW até o final de 2009”.

Em 2014, já existiam mais de 100 projetos conceituais e em estágio inicial de desenvolvimento, esses dispositivos foram projetados para aproveitar e converter a energia das ondas, marés e correntes oceânicas em eletricidade (Copping A. Et al, 2014).

A geração energética por meio de marés tem uma vantagem significativa em comparação com várias outras formas, ela é previsível para longos períodos de tempo. Além disso, a incorporação de geração de energia através de marés em um sistema elétrico tende a ser menos desafiador do que de outras formas de geração de energias reutilizáveis, já que elas tendem a ser relativamente imprevisíveis (Denny E., 2008).

Para a transformação eficiente de energia elétrica é necessário, além da tecnologia de conversão, que já existe e está constantemente sendo aprimorada, um mapeamento dos locais em que pretende-se implantar esta tecnologia para

que seja possível realizar um estudo de viabilidade de implantação, bem como previsões de quanta energia pode ser convertida (Oleinik P.H et al, 2016).

Existem também algumas iniciativas globais e regionais para combinar o mercado industrial de energia oceânica, o que facilita o fluxo de informações, remove barreiras e esforços para acelerar o entendimento desta forma de energia (Fleming F.P., 2012).

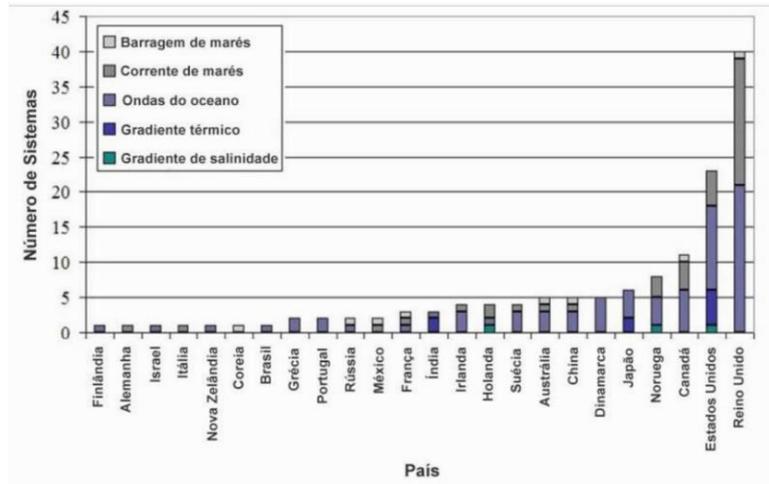


Figura 2: Gráfico de número de dispositivos em desenvolvimento por país e por tipo de energia. (Fleming F.P., 2012).

### 3. MODELOS DE ENERGIA OCEÂNICA

As pesquisas para obtenção de energia através dos oceanos só se intensificaram após a primeira crise do petróleo em 1973, principalmente na Europa, onde os países com maior potencial de geração de energia das ondas deram origem à possibilidade de utilizar os oceanos como fonte de energia. Esses países se propõem a planejar ou desenvolver sua matriz energética no médio e longo prazo e, para isso, criam programas e medidas para que isso aconteça. Desde 1986, a conversa sobre energia das ondas foi endossada pela Comissão Europeia (Fleming F.P., 2012).

Como incentivos para ter grande potencial em alguns países, uma grande variedade de tecnologias começou a ser desenvolvida, em 2008 mais de 4000 patentes foram registradas para diferentes dispositivos no mundo (Fleming F.P., 2012). Apesar de existirem muitos modelos diferentes na geração de energia através dos oceanos, a grande maioria desses projetos ainda estão em estágios iniciais de desenvolvimento e fase de testes, apenas um pequeno número de projetos estão em utilização plena ao redor do mundo (Copping A. Et al, 2014).

Para todos os sistemas de energia, tanto de marés como de ondas, existe um mecanismo (geralmente ele se localiza diretamente no equipamento gerador, porém algumas vezes ele está em terra firme) que converte a energia mecânica associada ao movimento da água em eletricidade. A grande maioria desses sistemas fazem a utilização de cabos elétricos para transportar a corrente elétrica até o continente (Copping A. Et al, 2014).

Em termos de número de dispositivos, o Reino Unido lidera, com dispositivos de corrente, barragens de maré e de ondas. O Brasil, até o momento, só tem um dispositivo de energia das ondas (Fleming F.P., 2012).

Até 2009 a única tecnologia disponível no mercado em fase comercial era de barragem de marés, atualmente temos outras tecnologias sendo comercializadas. Outro modelo que se encontrava em estágio pré comercial em 2009, era o de energia de ondas (Fleming F.P., 2012).

Apesar de não ser uma energia oceânica, a energia eólica é uma fonte renovável de energia mecânica e, atualmente, já existe tecnologia capaz de

convertê-la em eletricidade. O potencial eólico continental brasileiro foi estimado em 146 GW maior do que a geração total de energia no país, que é cerca de 113 GW atualmente. Entretanto, embora o potencial continental no Brasil seja consideravelmente grande, apenas uma pequena parcela poderia ser utilizada adequadamente, devido ao relevo, ocupação da terra e impactos ambientais. Já sobre o oceano, os ventos não encontram barreiras naturais, não há relevante restrição de área e os impactos ambientais são minimizados. Com essa perspectiva, diversos países estão investindo em energia eólica offshore.

Estudos mostram há um grande potencial no uso de energia eólica offshore nas regiões Sul-Sudeste do Brasil em regiões de até 100m de profundidade podemos produzir cerca de 215 GW. Este resultado sugere que há um grande potencial energético no campo de ventos offshore na margem brasileira. (Ortiz, G. P. et al. 2011)

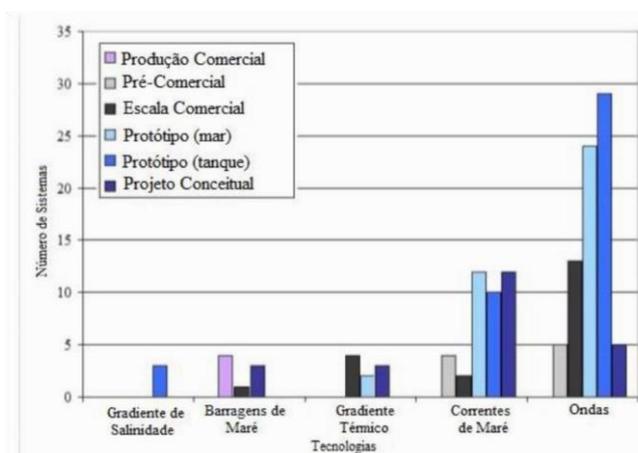


Figura 3: Maturidade das tecnologias de aproveitamento de energia oceânica. (Ortiz, G. P. et al. 2011).

Segundo (RUUD KEMPENER; FRANK NEUMANN, 2014) “existem diversas classificações para os Conversores de Energia Marítima, porém as principais são mostradas na figura 4, onde as mesmas foram separadas nas seguintes amplas categorias: Coluna de Água Oscilante (Oscillating water column - OWC), Corpos Oscilantes Conversores (Oscillating bodies converters) e Dispositivos de Galgamento (Overtopping converters)” (Albuquerque V. H.M., 2020).

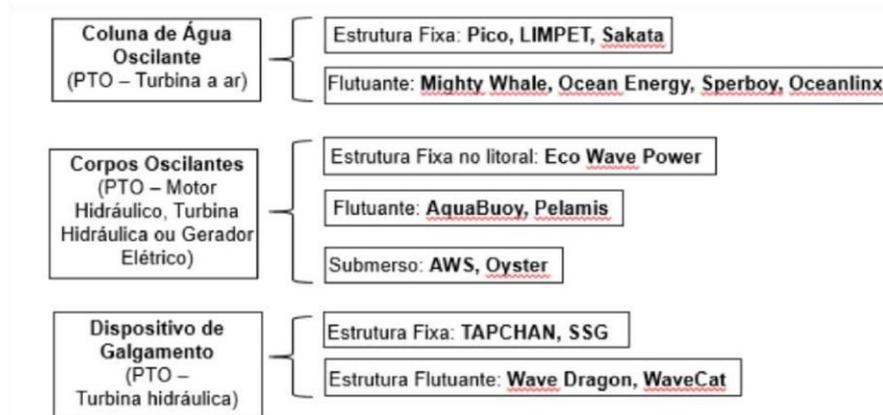


Figura 4: Classificação e exemplos de conversores de energia de ondas oceânicas (Albuquerque V. H.M., 2020).

### 3.1. ENERGIA DE MARÉS

Todas as bacias oceânicas possuem marés, mesmo que em regiões costeiras elas sejam menos perceptíveis. A subida e descida dessas marés podem gerar correntes com grandes quantidades de energia e velocidades. Em muitas áreas essa energia já é aproveitada, onde as configurações locais adicionadas as características de onda de maré resultam em grandes variações de altura de maré (Fleming F.P., 2012).

A ação gravitacional da lua e do sol, é a responsável pelas marés, ela vai gerar uma oscilação vertical periódica da superfície do mar (Fleming F.P., 2012).

Sendo um dos fenômenos mais estudados pelo homem, com tabelas em todas as regiões portuárias. Tornando esse modelo energético bastante interessante por sua previsibilidade. (Fleming F.P., 2012)

As marés vão impor uma variação no nível do mar regularmente e em um curto espaço de tempo (12 ou 6 horas), tornando esse modelo energético bastante previsível, essa variação pode ser bastante significativa em algumas regiões, com correntes que podem gerar perto de 44 km/h em canais restritos (Fleming F.P., 2012).

Essa mesma previsibilidade confere esse modelo uma grande vantagem em relação a outras fontes alternativas de energia, há uma certeza de que essa maré ocorrerá todos os dias uma ou duas vezes por dia independente de condições climáticas ou fenômenos meteorológicos (Fleming F.P., 2012).

As barragens dos mares funcionam de modo similar à uma usina hidroelétrica, com a diferença que a água pode fluir nas duas direções. Os portões da barragem são abertos para permitir que a maré chegue a uma bacia (estuário, fiorde ou baía); na maré alta, as comportas da barragem são fechadas e a maré do lado de fora cai. Depois que um diferencial de altura suficiente ocorre, as turbinas são abertas e a água contida flui através das turbinas. Como podemos ver esquematizado na Figura 5. As comportas são então abertas para permitir o reabastecimento da bacia. Esse método de operação, conhecido como geração de vazante, gera mais energia (Frid C. et al, 2011).

Alguns dispositivos de maré são parecidos com turbinas usadas em energia hidrelétrica convencional e outros com turbinas de energia eólica. Assim, esses dispositivos foram capazes de capitalizar grande parte do aprendizado dessas tecnologias durante o período inicial estágios do desenvolvimento (Copping A. Et al, 2014).

Os dispositivos recentes desenvolvidos para a obtenção de energia através de marés, aproveitam o fluxo das mesmas, que são uma corrente de fluxo rápido, cuja velocidade varia, e pode ser aumentada por características topográficas locais, como cabeceiras, enseadas e entre ilhas. O progresso do desenvolvimento dessas tecnologias tem sido lento, com apenas 15 projetos em desenvolvimento em todo o mundo até 2008 (Denny E., 2008).

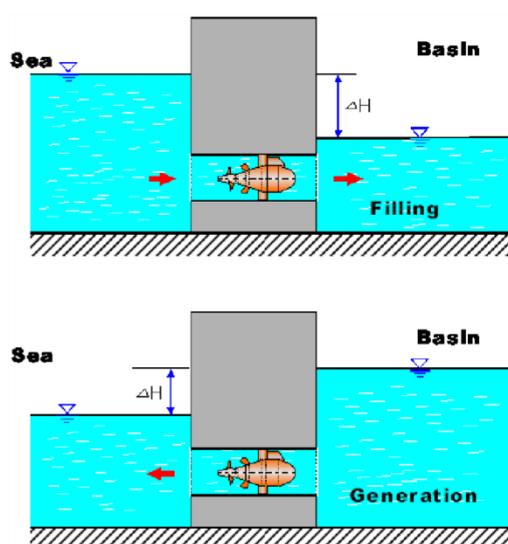


Figura 5: Funcionamento de uma usina de marés (WAVE ENERGY CENTER – WEC. Wavenet full report. Lisbon, 2003).

### 3.2. ENERGIA DE CORRENTES OCEÂNICAS

Diversas formas de conversão de energia foram desenvolvidas ao longo dos anos, com destaque para os atuais conversores de energia, que apresentam alta capacidade de geração de energia e já estão em operação em algumas regiões do mundo. (Kirinus E.P. et al, 2012). Essa energia está associada ao movimento da água e ao escoamento da água que resulta das marés alta e baixa nas regiões costeiras. (Silva E.F.D. et al. 2014).

A tecnologia funciona como moinhos de vento submersos, mas movidos a água e não pelo ar. Esses moinhos podem ser instalados no mar em locais com marés altas, ou em locais com corrente contínua do oceano, para se obter grandes quantidades de energia por meio desse grande volume de água corrente (Silva E.F.D. et al. 2014).

Turbinas geradoras de energia de correntes oceânicas podem ser relativamente similares as de energia eólica. Como exemplo, a Figura 6 ilustra duas turbinas suportadas por um feixe conduzido ao fundo do mar, à medida que a água passa, as turbinas giram e produzem energia. Os rotores medem entre 15 e 20m de diâmetro e podem se inclinar em 180° para acomodar fluxos bidirecionais, ou seja, na maré baixa e na maré cheia. Para facilitar a manutenção, a asa que segura as turbinas pode ser levantada na viga para fora da água, removida e reparada em terra (Denny E., 2008).



Figura 6: Projeto de uma turbina de geração de energia de mares (Denny E., 2008)

Esse dispositivo foi projetado para aproveitar os melhores recursos das correntes e é considerado viável em áreas de 20 a 40 m de água, onde a velocidade da corrente de maré de pico na primavera é maior que 2,25 m/s (Denny E., 2008).

A maioria das turbinas de maré é configurada com um rotor que se move em torno de um eixo horizontal ou vertical. Variedades menos comuns usam um hidrofólio montado em um braço oscilante ou outros modelos (Copping A. Et al, 2014).

Porém, com a tecnologia atual, não é conveniente converter essa energia em energia elétrica, uma vez que as correntes só têm a velocidade adequada para seu uso direto na forma cinética longe da costa e em profundidades consideráveis. Isso implica dificuldades no posicionamento das turbinas e altos custos de transmissão (Silva E.F.D. et al. 2014).

### 3.3. ENERGIA DE ONDAS

De todas as ondas do mar, aquelas que são geradas pela força dos ventos são as que apresentam maior concentração de energia. Nos oceanos, a interação dos ventos com a superfície da água vão gerar as ondas de superfície. Os ventos vão transferir energia cinética a água do mar, quando sopram paralelamente a superfície, gerando assim, ondas. A quantidade de energia transferida do vento para a superfície do mar dependerá: (i) da intensidade do vento, (ii) da duração da atividade eólica e (iii) da extensão da área em que opera. (Fleming F.P., 2012).

Os conversores de energia de ondas se enquadram em outra categoria de geração de energia nos oceanos, em que está incluída as que ficam na superfície e traduzem o movimento vertical das ondas em energia elétrica (absorvedores de ponto, atenuadores lineares de superfície). Outra tecnologia prende o ar em uma câmara na superfície que é comprimida pelo movimento das ondas e passam o ar comprimido através de uma turbina (coluna de água oscilante). Há

também um modelo que depende da mudança da pressão da água à medida que as ondas passam por cima para gerar energia (Copping A. Et al, 2014).

Os conversores de energia das ondas não têm análogos próximos entre as máquinas já estabelecidas no mercado. Existem muitos projetos radicalmente diferentes entre conversores de energia de ondas do que as tecnologias apresentadas nas turbinas de maré (Copping A. Et al, 2014).

Observando a Figura 7 pode-se melhor entender o funcionamento do mecanismo recentemente desenvolvido pela COPPE e em teste no Rio de Janeiro (Silva E.F.D. et al. 2014).

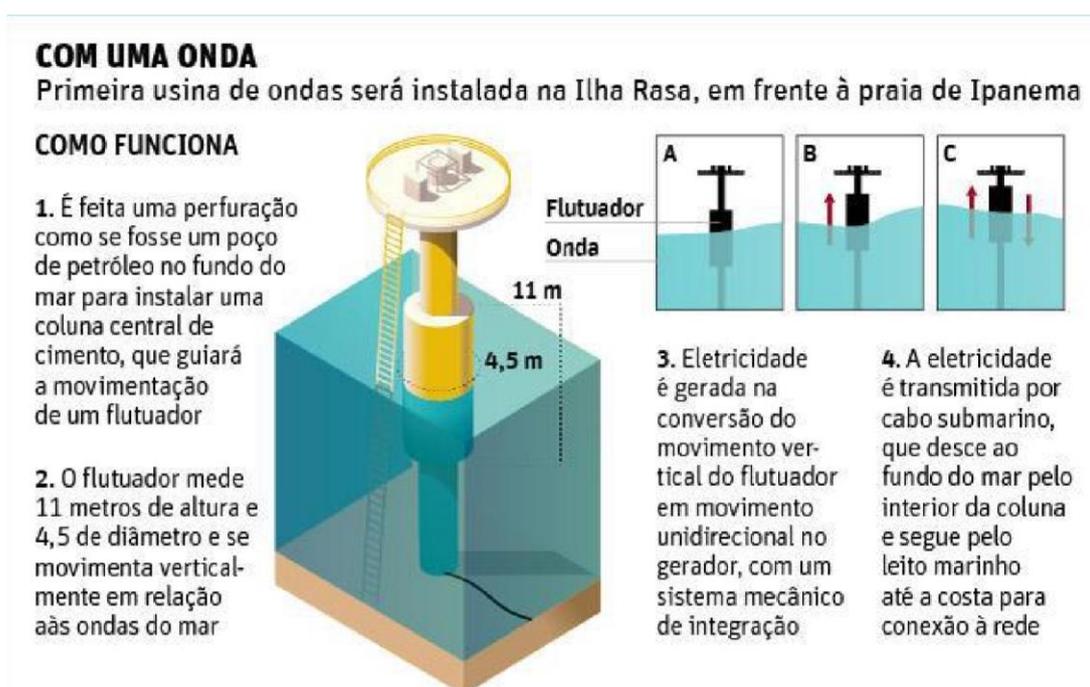


Figura 7: Modelo de captação de energia de ondas em testes no litoral do Rio de Janeiro (Silva E.F.D. et al. 2014).

Algumas tecnologias de geradores de energia de ondas são:

- Dispositivos costeiros: equipamentos estão fixos ou incorporados à costa, tendo como vantagens a facilidade de instalação e manutenção.

$$P_{onda} = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} \quad [W/m]$$

Além disso, dispositivos costeiros não requerem fixação por poitas nem longos cabos elétricos submersos. A maior desvantagem é estarem sujeitos a um regime de ondas menos intensos, que já perderam energia até atingir a costa. (Fleming F.P., 2012)

- Dispositivos próximos a costa: os equipamentos são instalados em profundidades moderadas (~20-25 m) e distâncias de até ~500 m da costa. Estes dispositivos têm praticamente as mesmas vantagens dos dispositivos costeiros, estando, ao mesmo tempo, exposto a maiores energias de ondas. (Fleming F.P., 2012)
- Dispositivos offshore: expostos a regimes de ondas mais energéticos em águas mais profundas (> 25 m). Os projetos mais recentes estão focados em dispositivos pequenos, modulares e com grande capacidade de geração. (Fleming F.P., 2012)

A potência proveniente das ondas é calculada por:

Onde  $P_{onda}$  é a potência retirada da onda,  $\rho$  é a densidade da água do mar,  $g$  é a aceleração da gravidade,  $H$  é a amplitude total da ondas e  $T$  é o período da onda em segundos.

A energia de ondas é economicamente viável para valores maiores que 15 [kW/m] (podemos observar na Tabela 1 o potencial energético baseado na distância da costa) , ou seja, é aproveitado na maior parte do território global, como pode ser visto na Figura 8 (Silva E.F.D. et al. 2014).

| Distância da costa    |          |
|-----------------------|----------|
| 0 a 10 km             | 57 GW    |
| 0 a 50 km             | 259 GW   |
| 0 a 100 km            | 514 GW   |
| 0 a 200 M (ZEE)       | 1.780 GW |
| Intervalo batimétrico |          |
| 0 a 20 m              | 176 GW   |
| 0 a 50 m              | 399 GW   |
| 0 a 100 m             | 606 GW   |

Tabela 1: Potencial de geração de energia eólica em diferentes regiões da margem brasileira (Silva E.F.D. et al. 2014)

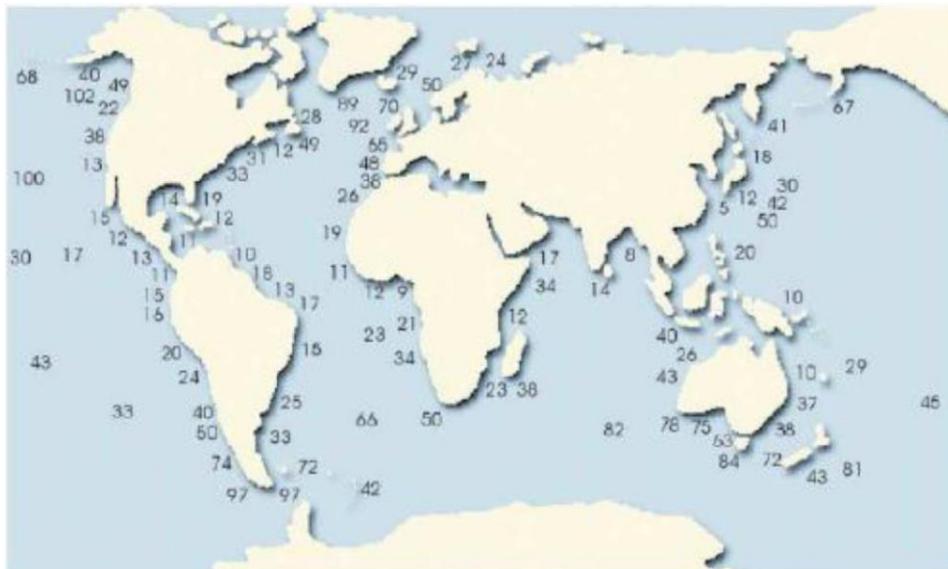


Figura 8: Distribuição dos pontos de aproveitamento do potencial energético ao redor do globo (Silva E.F.D. et al. 2014).

### 3.4. ENERGIA EÓLICA OFFSHORE

Mesmo não sendo uma fonte energética oceânica, conseguimos instalar equipamentos geradores de energia eólica nos oceanos, e assim aumentar a produção energética dessa modalidade, por isso, esse modelo está sendo abordado nesse projeto.

O potencial eólico offshore na margem brasileira supera o potencial estimado para a área continental do país. A nossa ZEE tem um potencial energético capaz de alavancar o desenvolvimento racional e sustentável do Brasil (Ortiz, G. P. et al. 2011).

Os dados utilizados foram adquiridos pelo satélite QuikSCAT e posteriormente processados pelo CERSAT/IFREMER, que utilizam dados de nível 2-B para gerar um campo de vento com resolução espacial de 0,5°. O período analisado foi de agosto de 1999 até dezembro de 2009, com resolução temporal diária (Ortiz, G. P. et al. 2011).

A costa brasileira em geral apresenta um grande potencial para geração de energia eólica. A região nordeste apresenta o maior potencial, com destaque para os estados de SE, AL, RN e CE. Na região sul, a região próxima aos estados de RS e SC também deve ser destacada (Ortiz, G. P. et al. 2011).

É notável o potencial energético até 10 km da costa (57 GW), pois representa uma grande quantidade de energia que pode ser produzida próxima do litoral, reduzindo a complexidade das estruturas operacionais. A longo prazo, vemos que a zona econômica exclusiva (ZEE) brasileira, que apresentou um potencial energético de 1,78 TW, poderá ser utilizada para gerar uma quantidade de energia, suficiente para acompanhar e motivar o desenvolvimento do país (Ortiz, G. P. et al. 2011).

#### 4. PLANTAS EM FUNCIONAMENTO

Hoje no mundo há algumas plantas em funcionamento, seja para testes, ou para a geração efetiva de energia. Essas plantas existem nos mais variados tipos de produção de energia através dos oceanos, seja marés, ondas, e outros modelos que não foram abordados nesse texto.

Muitas empresas diferentes desenvolvem ou operam projetos de geração elétrica a partir de recursos energéticos oceânicos. Alguns modelos que estão sendo aplicados no mundo nos dias atuais são:

A oscilação da coluna d'água alimenta duas turbinas conectadas a um gerador de 250 kW cada, elevando a potência total para 500 kW, em operação há mais de 11 anos como projeto de demonstração. A Wavegen foi a primeira empresa no mundo a desenvolver uma planta em escala comercial, conectada à rede e com base em terrenos desde 2000 na Escócia. (Fleming F.P., 2012).



Figura 9: Central LIMPET (Fleming F.P., 2012)

O Ocean Energy Buoy (OE Buoy) é um dispositivo flutuante de coluna de água oscilante. É uma plataforma desenvolvida para suportar as severas condições impostas pelo oceano e suas tempestades, apresentando apenas uma parte móvel, a turbina, que gira no mesmo sentido tanto quando o ar é expelido da câmara quanto quando é sugado para dentro dela. Com o movimento das ondas subindo e descendo Esse dispositivo já passou por 24.000 horas de testes no Oceano Atlântico (Fleming FP, 2012).

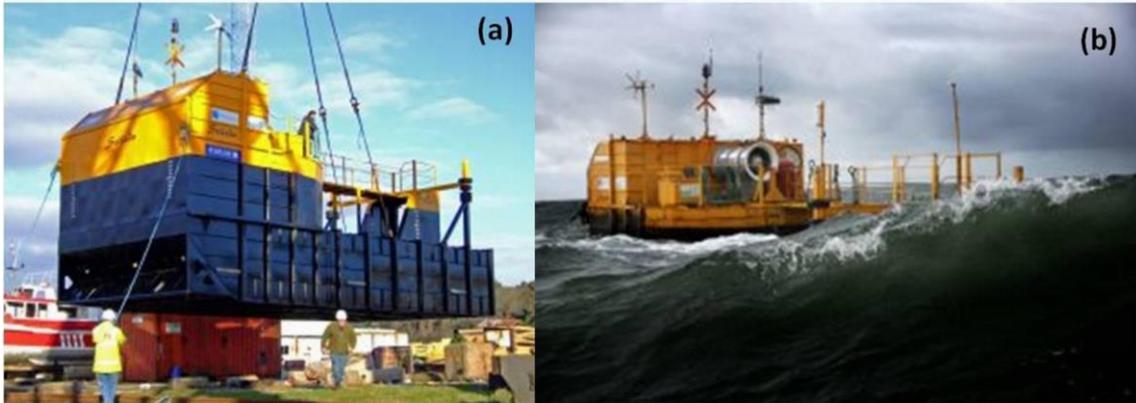


Figura 10: (a) Lançamento do dispositivo para os testes no mar; (b) Dispositivo testado com escala de 1:4 (Fleming F.P., 2012).

O PowerBuoy, da Ocean Power Technologies, é um dispositivo que possui uma parte fixada ao fundo por diferentes formas de ancoragem e outra que se move livremente com o movimento da superfície com a passagem das ondas. Um dispositivo de 150 kW de capacidade foi implantado em abril de 2011 na Escócia, sendo este o protótipo mais potente já implantado, entre vários já testados em diferentes locais, como Nova Jersey, Havaí, Inglaterra, entre outros (Fleming FP, 2012).

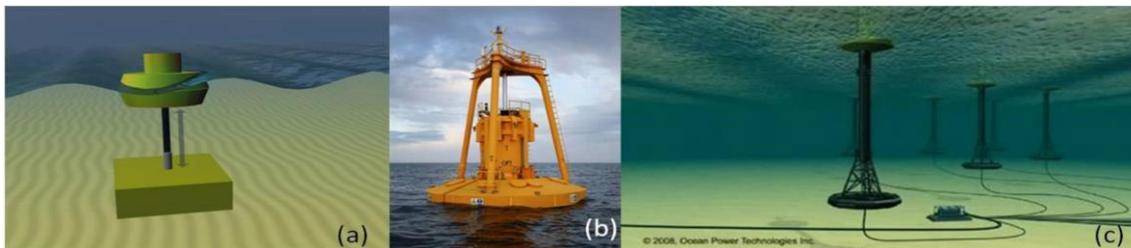


Figura 11: (a) Exemplo genérico de um pequeno sistema oscilante de simetria axial (Aquaret, 2012). (b) Visão da porção emergida da PowerBuoy e (c) visão submersa do dispositivo, sem detalhes de ancoragem (Fleming F.P., 2012).

O Oyster, desenvolvido pela Aquamarine Power, é uma nadadeira articulada que fica quase totalmente submersa e ativa dois pistões hidráulicos que empurram a água pressurizada através de condutos subaquáticos para girar turbinas hidrelétricas convencionais na costa. Esses equipamentos são instalados entre as profundidades de 10m e 15m. Já foi produzido um primeiro dispositivo com capacidade de 315 kW (Oyster1), ele foi comissionado em

novembro de 2009 e passou por 6.000 horas de testes. Para sua evolução, o Oyster 800 (800 kW), deverá passar por testes com três dispositivos instalados no Centro Europeu de Energia Marinha (EMEC). A Aquamarine Power possui outros projetos de implementação do Oyster em diferentes locais da Escócia, tendo já alugado uma área para instalação de 40 MW de capacidade (Fleming F.P., 2012).



Figura 12: (a) Oyster de 315 kW, instalado para testes em novembro de 2009. (b) Oyster 1 antes do comissionamento. (Fleming F.P., 2012).

Wave Dragon combina tecnologias maduras e turbinas de água offshore. Para que seja obtido o melhor desempenho possível, este dispositivo deve ser instalado águas com profundidade de pelo menos 25m, porém preferencialmente a 40m, esse dispositivo não é fixado ao fundo. Para possibilitar o aumento da altura das ondas, esse dispositivo possui flancos para direcionar as mesmas. A potência deste dispositivo pode ser dimensionada entre 20 kW (para teste) e 11 MW e além disso o dispositivo de teste passou por 15.600 horas de testes, e é possível observar que nem peixes nem detritos marinhos são acumulados em seu reservatório (Fleming F.P., 2012).



Figura 13: (a) Esquema do princípio de funcionamento do dispositivo de galgamento. (b) Esquema da visão aérea do dispositivo Wave Dragon no mar. (c) Foto do reservatório do dispositivo testado no mar. (Fleming F.P., 2012)

Pelamis P2 é um equipamento de conversão de energia de ondas em áreas offshore com profundidades que superem 50 m, possui 750 kW de potência, 180 m de comprimento e 4 m de diâmetro. Ele é formado por cinco segmentos cilíndricos e, 4 juntas, cujo movimento, tanto vertical quanto horizontal, vai bombear fluido para uma câmara de alta pressão, permitindo a geração de energia elétrica por meio de um sistema hidráulico (Fleming F.P., 2012).

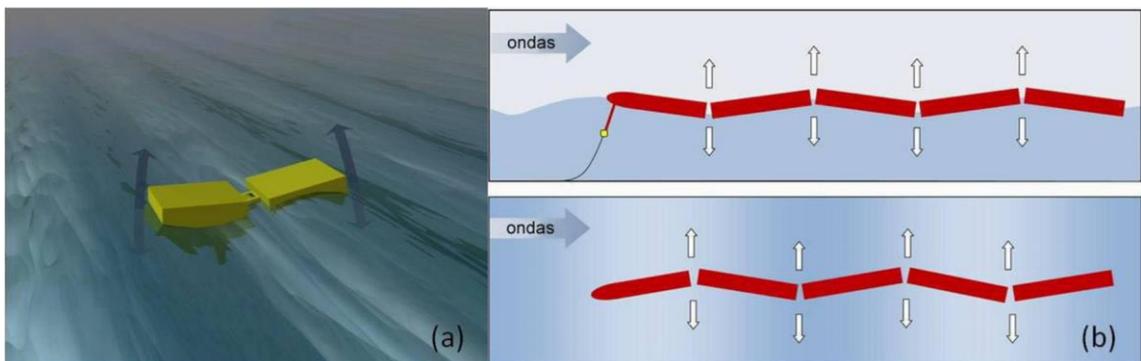


Figura 14: (a) Esquema geral de um dispositivo tipo atenuador (Aquaret, 2012). (b) Esquema geral do Pelamis e seu funcionamento (Fleming F.P., 2012)

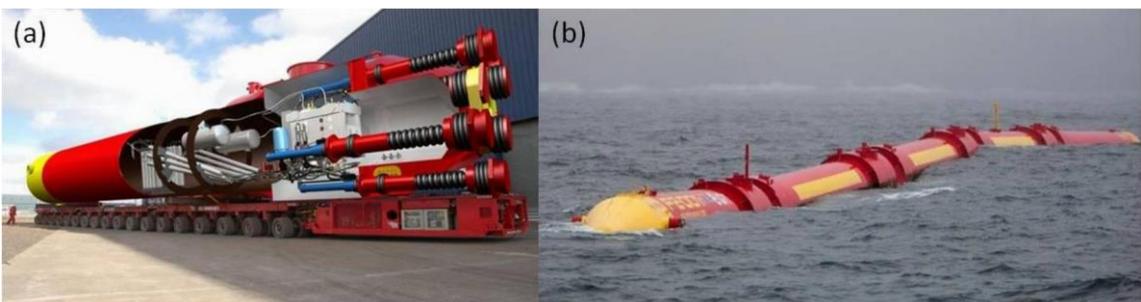


Figura 15: (a) Visão interna de um dos segmentos do Pelamis. (b) Pelamis operando no EMEC em julho de 2011 (Fleming F.P., 2012).

## 5 IMPACTOS AMBIENTAIS

Como qualquer construção feita pelo homem, cada parte de um sistema marinho de energia tem a possibilidade de criar estresse para o ecossistema em que está inserido. Tanto a operação de equipamentos de energia oceânica quanto a construção e instalação desses equipamentos apresentam um risco potencial para o meio (Copping A. Et al, 2014).

A extração de energia diretamente da coluna d'água é o que difere as energias de ondas, e a de marés da geração de energia eólica, mesmo essa podendo ser instalada offshore, e apresentam novos riscos em potencial que ainda não foram vistos em análises de impacto de modelos de energia eólica offshore. Um exemplo claro dessa diferença é a introdução de componentes móveis ao meio marinho. O que não acontece no outro modelo (Leeney R.H. et al., 2014).

Alguns efeitos que podem ser observados incluem as interações potenciais entre animais marinhos e os equipamentos, alterações no habitat marinho devido a atividades operacionais e de funcionamento do equipamento, e efeitos a longo prazo no ecossistema em costas e estuários ao redor do mundo. A incerteza quanto aos impactos adversos que essas construções podem gerar são hoje uma das principais barreiras para o desenvolvimento globais dessa forma de energia (Copping A. Et al, 2014).

Enquanto muitos impactos são considerados negativos, também há potencial para impactos positivos na instalação de plantas de energia oceânica. Quando há um fechamento de uma área offshore para trânsito constante, principalmente para atividades pesqueiras, pode causar um benefício para a vida marinha permitindo a reprodução e o crescimento de peixes nessa região (Leeney R.H. et al., 2014).

Além disso, a adição de um substrato sólido e uma estrutura oceânica, podem servir como um local apropriado para o crescimento de corais. Como essas estruturas são colonizadas por organismos bentônicos e isso tem a tendência de atrair outros tipos de vida marinha, como corais e peixes. Isso tem sido observado em estruturas de plataformas de petróleo offshore. Nesse aspecto, a implementação desses equipamentos pode ajudar a restaurar áreas oceânicas

que foram perdidas por métodos destrutivos de pesca comercial. (Leeney R.H. et al., 2014) Na Europa, a maioria das instalações de energia oceânica, requerem pelo menos algum nível de análise de impacto ambiental, isso tem como propósito avaliar os efeitos do desenvolvimento dessa construção no habitat aquático tanto para organismos, quanto para o meio (Leeney R.H. et al., 2014).

Com o aumento no conhecimento dos efeitos ambientais de energias renováveis marinhas, uma maior certeza vai apoiar o desenvolvimento e a execução desses sistemas energéticos ao redor do mundo, e assim garantir a sustentabilidade da indústria por um longo período. Com a expansão global da indústria de energia offshore, se torna cada vez mais importante identificar e catalogar eficientemente as pesquisas existentes para assim, aumentar a velocidade de aprendizado e assim ser possível desenvolver um sistema eficiente e com o mínimo de impactos ambientais possível (Copping A. Et al, 2014).

Além disso, os impactos socioeconômicos da geração de energia oceânica são tratados com menos frequência e há ainda menos estrutura em termos de orientação sobre os elementos necessários a serem abordados, ou métodos apropriados com os quais abordá-los. Os impactos socioeconômicos para projetos renováveis offshore incluem tipicamente elementos como demografia, emprego e renda regional; uso do mar e da terra; estética; a infraestrutura; sistemas socioculturais e implicações para outras atividades marítimas, como pesca, turismo e recreação. Mas ainda não há um estudo específico para tais impactos nesse tipo de empreendimento (Leeney R.H. et al., 2014).

O primeiro estudo para investigar os efeitos da extração de energia por uma turbina de marés foi Bryden and Melville (2004), com o uso de um modelo em uma dimensão. Esse trabalho foi expandido para modelos em duas e três dimensões para uma melhor avaliação (Nash S. et al. 2014).

## 5.1 IMPACTOS AMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA DE MARÉS

Todos os tipos de geração de energia causam alguns impactos ambientais específicos, seja na construção do projeto, na geração de energia propriamente dita ou no decomissionamento de uma planta. Com a energia oceânica não é diferente, cada modelo de geração de energia pode causar diferentes impactos.

A construção de uma barragem em uma baía / estuário tem o potencial de destruir o habitat bentônico. As atividades de construção e descomissionamento podem resultar em impactos em áreas entre marés adjacentes (Frid C. et al 2011).

Essas mudanças alteram o equilíbrio entre as espécies marinhas e entre marés. A retenção de água também altera significativamente a exposição das marés às aves alimentícias, embora o recurso nas marés quando expostas possa aumentar em quantidade e qualidade (Frid C. et al 2011).

A construção de uma barragem sobre ou perto de um viveiro ou área de desova de animais marinhos terá claramente um impacto na área da construção. Essas são considerações específicas de cada local de possível implementação. O acesso de separação ou restrição às áreas de desova e viveiro tem potencial para efeitos adversos no nível da população. Barreiras à variedade de mamíferos marinhos e acesso a áreas de alimentação, transporte, criação e reprodução de filhotes têm potencial para efeitos adversos. Ao produzir uma barreira através do estuário / fiorde, a barragem terá impacto nas migrações de espécies anádromas e catadromosas, incluindo salmonídeos, enguias e sável. Para peixes, a mitigação usando escadas de salmão é uma tecnologia bem desenvolvida e comprovada para barragens hidrelétricas. As cercas de maré também restringirão a passagem de peixes e mamíferos marinhos por meio de bloqueio físico, embora haja espaço para mitigação através da engenharia da estrutura da cerca para permitir espaços para os peixes passarem entre a parede da estrutura que suporta as turbinas e os rotores. Além disso, a colocação da cerca (paralela ou em série ao fluxo de água) pode influenciar bastante os impactos nas espécies e habitats (Frid C. et al 2011).

## 5.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA DE ONDAS:

Muitas espécies de peixes dependem em parte das correntes para transportar larvas, portanto, os dispositivos de energia das ondas que alteram as correntes entre áreas de desova e áreas de alimentação podem ser prejudiciais para as populações de peixes. Por outro lado, a biodiversidade aumenta devido ao aumento da disponibilidade de substrato, a disponibilidade de alimentos aumenta e a eficiência alimentar também é maior, o que poderia causar um aprimoramento do recrutamento de larvas na área. Um substrato complexo aumenta a heterogeneidade espacial que pode aumentar a diversidade de espécies de uma área, fornecendo mais nichos ecológicos, permitindo que mais animais sejam recrutados (Frid C. et al, 2011).

Bóias sujas podem ter efeitos positivos em espécies de presas ou forragens, o que conseqüentemente causa uma atração de grandes predadores, embora estruturas subaquáticas complexas possam fornecer refúgios contra a predação (Frid C., et al, 2011).

Mais criticamente, o amortecimento das ondas pode reduzir a erosão na costa e causar mudanças ecológicas. Além disso, matrizes de dispositivos podem concentrar as energias das ondas no litoral, aumentando assim a erosão. No entanto, o abrigo devido a dispositivos de ondas terá um efeito desprezível nas maiores ondas, de modo que seu papel ecológico como perturbação que mantém a biodiversidade não terá ônus (Frid C., et al, 2011).

## 5.3 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO RUÍDO DE OPERAÇÃO

Barragens de maré, plantas de geração a partir de correntes de maré e fazendas de energia das ondas são as principais estruturas de engenharia civil nesse tipo de geração de energia, e as atividades de construção (e descomissionamento) dessas estruturas irão causar uma considerável geração de ruído em níveis potencialmente prejudiciais à vida marinha. Durante a construção, ruídos e vibrações afetariam diferentes espécies de maneiras diferentes. O mesmo aconteceria durante o descomissionamento dessas estruturas (Frid C., et al, 2011).

Foi levantada uma hipótese de que o ruído pode interferir na capacidade de algumas espécies de peixes, que localizam suas áreas de viveiro pelo som, de se reproduzir, porém dados específicos não foram apresentados. O estabelecimento bem sucedido de peixes de recife de coral depende do ruído do recife e pode ser afetado pela poluição sonora do empreendimento. Essas são atividades intermitentes e de curta duração e os efeitos terão vida curta após o término da construção (Frid C., et al, 2011).

As vocalizações de criação são importantes para a atração de parceiros em góbios de água doce, bacalhau e hadoque. E têm o potencial de afetar cetáceos na geolocalização (Frid C., et al, 2011).

Os efeitos em outras espécies seriam menos certos. Os efeitos podem ser diretos, danificando tecidos sensoriais ou sensíveis, ou indiretos, alterando comportamentos. É importante ao avaliar os efeitos do ruído que os efeitos cumulativos de todo o sistema sejam avaliados e não apenas os níveis produzidos pelos módulos individuais (Frid C., et al, 2011).

É improvável que o ruído operacional de qualquer uma dessas instalações seja ecologicamente significativo a longo prazo, embora haja muito pouca informação sobre os níveis sonoros produzidos pela operação de barragens de maré, fazendas de maré ou fazendas de energia das ondas. Também existem muito poucos estudos (se houver) direcionados sobre a resposta de peixes e mamíferos marinhos a ruídos e vibrações produzidos pelo sistema operacional. portanto, não é possível quantificar com certeza os possíveis danos de ruído ao meio ambiente a fauna e flora presente na região (Frid C., et al, 2011).

## 6 IMPLEMENTAÇÃO NA COSTA BRASILEIRA

O Brasil é um país que possui 8.500 km de litoral e cerca de um terço da população brasileira vive à beira-mar e, se considerarmos os 200 km de litoral, esse número sobe para quase metade da população. Além disso, é também nesta região que se localizam as instalações industriais mais importantes do país (Fleming F.P., 2012).

Devido às suas características oceanográficas, espera-se que a costa brasileira tenha um potencial de energia oceânica menor do que outras partes do mundo. Considerando a energia das ondas, por exemplo, a maior parte da costa brasileira está localizada em áreas de altura significativamente mais baixa em comparação com a Europa, onde a variação na altura das marés pode chegar a 14 m como no estuário do Severn, no Reino Unido, que possui a segunda maior variação do mundo, por exemplo (Fleming F.P., 2012).

As maiores variações na altura das marés são encontradas no litoral norte e parte do nordeste do Brasil. No Maranhão, variações na altura da maré de mais de 6 m são frequentemente observadas. No Amapá existem dois pontos em que a variação de maré é significativa, eles são na estação Santa Maria do Cocal, na foz do Igarapé do Cocal, que apresenta uma variação de 8m, e na estação Igarapé do Inferno, na ilha de Maracá, com uma variação de 11m. No entanto, esses dados e informações sobre a altura da maré são antigos e é importante observar que podem ocorrer alterações que reduzam o potencial energético em algumas dessas baías ao longo dos 30 anos desde este estudo (Fleming F.P., 2012).

A Plataforma Continental Sul do Brasil possui alta variabilidade espacial e temporal no regime de correntes costeiras, caracterizadas pelo encontro de corpos d'água na região, o que vai dificultar a conversão unidirecional de energia. Nesse sentido, para conversão de energia de correntes, o uso de turbinas helicoidais que sejam capazes de gerar energia de forma multidirecional é fortemente recomendado (Kirinus E.P. et al, 2012).

Marques et al. realizaram estudos para determinar a influência da instalação de turbinas hidro cinéticas na Plataforma Continental no sul do Brasil, e assim poderem identificar as alterações nos processos hidrodinâmicos e

morfodinâmicos naturais nesta área. Os resultados do estudo são positivos em relação à utilização das correntes costeiras para obtenção de eletricidade, onde foi fornecido um valor médio anual integrado de cerca de 5 GW / ano através da utilização de 6 conversores axiais (Kirinus E.P. et al, 2012).

Destaca-se a região Norte com maior potencial energético para geração de energia por meio das correntes oceânicas, com um único conversor capaz de gerar em média 40 MWh, chegando a uma taxa de conversão integrada de energia de 13 GWh / Ano. A região Sul tem potencial energético moderado, gerando 15 MWh e valores integrados de até 5 GWh / ano. Para a região Sul, a capacidade de produção de energia é menor do que na região Norte, mas apresenta alta estabilidade para conversão de energia, pois apresenta menos desvios em relação às médias e pequenas variações sazonais (Kirinus E.P. et al, 2012).

Oleinik et al. compararam os resultados de duas localidades das regiões Sul e Sudeste do país. Os autores perceberam que a região de Ilhabela possui maior potencial energético do que Florianópolis, no entanto Florianópolis possui maior variabilidade temporal. A região de Ilhabela tem potencial médio de 20 kW / m, com eventos extremos frequentes chegando a 70 kW / m. Porém, é uma região com alto desvio padrão e pode chegar a 45 kW / m. Nesta região, eventos extremos associados ao maior potencial energético são frequentemente associados a ondas que atingem a costa sudoeste. Por outro lado, Florianópolis tem uma média um pouco inferior, em torno de 15 kW / m, com eventos extremos chegando a 30 kW / m. Sua variabilidade é reduzida, fazendo com que o desvio padrão atinja a média de 25 kW / m. Nessa região, os eventos de maior conversão de energia geralmente estão associados às ondas que atingem o litoral sudeste.

Porém, para que seja possível definir todo o potencial energético do Brasil, seriam necessários dados específicos de várias regiões costeiras, que não se tem informações precisas, até o momento desse estudo. Além disso, no exemplo supracitado, pode ser observado que a foz do rio Amazonas tem uma característica que tem o potencial de dificultar a instalação de turbinas de maré, que é sua profundidade rasa, a coluna d'água pode ser em torno de 9 m (GARCIA-NETO, 2011), o que vai apresentar limitações tecnológicas, uma vez

que em sua maioria as tecnologias são desenvolvidas para águas mais profundas. Portanto, estudos específicos se fariam necessários, não apenas para definir o potencial energético das marés, mas também para encontrar ou mesmo desenvolver uma tecnologia adequada para a região (Fleming F.P., 2012).

## 7 CONCLUSÃO

Energia oceânica tem um enorme potencial ao longo do globo, e se conseguirmos desenvolver a tecnologia necessária para sua implementação mundial, tanto o meio ambiente quanto a economia poderiam ter ganhos significativos em poucos anos. O uso de energias limpas tem sido amplamente difundido nos últimos anos como uma forma de desacelerar o aquecimento global, e prevenir maiores danos ao meio ambiente, visto que o consumo de energia no mundo moderno não para de crescer, e há a necessidade de novas fontes de energia serem exploradas para garantir o atendimento da demanda de energia global e garantir a segurança energética das sociedades.

Há diversas tecnologias para obtermos energia através das ondas, como visto neste trabalho, e cada região e país do mundo podem escolher uma que melhor se adapte às condições locais. No Brasil como foi observado aqui, temos a possibilidade de implementação de energia de mare motriz e também de ondas nas costas nordeste, norte e sul do país. No Nordeste temos a maior possibilidade de implementação de energia de marés, já no Sul a mais recomendada seria a de correntes de marés devido a características de encontros de marés e grande velocidade de maré no local. O norte do país também tem um enorme potencial energético (potencialmente o maior do país) para a geração energética através de correntes oceânicas.

Os riscos ambientais ainda não foram amplamente estudados, porém os estudos que temos atualmente nos mostram que o aproveitamento da energia oceânica pode ser uma ótima alternativa, e os resultados obtidos até o momento mostram que os riscos ao meio não são persistentes, como o barulho durante a construção entre outros, e a vida marinha também pode se beneficiar desse tipo de estrutura para a criação de um novo ecossistema.

## 8 REFERÊNCIAS:

BONAR, Paul A.J.; BRYDEN, Ian G.; BORTHWICK, Alistair G.L.. Social and ecological impacts of marine energy development. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [S.L.], v. 47, p. 486-495, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.068>.

Magela G. “A revolução industrial” – apostila de história bernoulli , caderno 3 capítulo 15.

FRID, Chris; ANDONEGI, Eider; DEPESTELE, Jochen; JUDD, Adrian; RIHAN, Dominic; ROGERS, Stuart I.; KENCHINGTON, Ellen. The environmental interactions of tidal and wave energy generation devices. *Environmental Impact Assessment Review*, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 133-139, jan. 2012. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2011.06.002>.

COOP/UFRJ - “A História do Petróleo” , disponível em: <http://www.petroleo.coppe.ufrj.br/historia-do-petroleo/> Acessado dia: 18/09/2016

LEENEY, Ruth H.; GREAVES, Deborah; CONLEY, Daniel; O'HAGAN, Anne Marie. Environmental Impact Assessments for wave energy developments – Learning from existing activities and informing future research priorities. *Ocean & Coastal Management*, [S.L.], v. 99, p. 14-22, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.05.025>.

FADAEENEJAD, M.; SHAMSIPOUR, R.; ROKNI, S.D.; GOMES, C.. New approaches in harnessing wave energy: with special attention to small islands. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [S.L.], v. 29, p. 345-354, jan. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.077>.

OLEINIK, Phelype Haron; MARQUES, William Correa; KIRINUS, Eduardo de Paula. SIMULAÇÃO DE ONDAS OCEÂNICAS NA COSTA SUL-SUDESTE BRASILEIRA PARA ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO. 2016. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Furg, Rio Grande, 2016.

DENNY, Eleanor. The economics of tidal energy. *Energy Policy*, [S.L.], v. 37, n. 5, p. 1914-1924, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.009>.

FLEMING, Fernanda Pereira. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIAS OCEÂNICAS NO BRASIL. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Ufrj, Rio de Janeiro, 2012.

Ministério do meio ambiente, 2019 disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15650-brasil-perto-de-cumprir-meta-deredu%C3%A7%C3%A3o-de-co2-em-2020.html> acesso em 06/09/2020.

Instituto de Economia Agrícola S.P., 2017, disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=14230> acesso em 06/09/2020

GONÇALVES, Willian Mattes; FEIJÓ, Flávio Tosi; ABDALLAH, Patrícia Raggi. Energia de ondas: aspectos tecnológicos e econômicos e perspectivas de aproveitamento no Brasil. 2015. 11 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Furg, Rio Grande, 2015.

COPPING, Andrea; BATTEY, Hoyt; BROWN-SARACINO, Jocelyn; MASSAUA, Meghan; SMITH, Courtney. An international assessment of the environmental effects of marine energy development. *Ocean & Coastal Management*, [S.L.], v. 99, p. 3-13, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.04.002>.

LEENEY, Ruth H.; GREAVES, Deborah; CONLEY, Daniel; O'HAGAN, Anne Marie. Environmental Impact Assessments for wave energy developments – Learning from existing activities and informing future research priorities. *Ocean & Coastal Management*, [S.L.], v. 99, p. 14-22, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.05.025>.

NASH, S.; O'BRIEN, N.; OLBERT, A.; HARTNETT, M.. Modelling the far field hydro-environmental impacts of tidal farms – A focus on tidal regime, inter-tidal zones and flushing. *Computers & Geosciences*, [S.L.], v. 71, p. 20-27, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2014.02.001>.

FRID, Chris; ANDONEGI, Eider; DEPESTELE, Jochen; JUDD, Adrian; RIHAN, Dominic; ROGERS, Stuart I.; KENCHINGTON, Ellen. The environmental interactions of tidal and wave energy generation devices. *Environmental Impact Assessment Review*, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 133-139, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2011.06.002>.

OLEINIK, Phelype Haron; MARQUES, Wiliam Correa; KIRINUS, Eduardo de Paula. Análise do Potencial Energético das Ondas Geradas pelo Vento na Costa Sul-Sudeste Brasileira . 2016. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Furg, Rio Grande, 2014

Ortiz, G. P. et al. “ Potencial de energia eólica na margem do Brasil” 2011

Silva E.F.D. et al. “ Um estudo sobre o aproveitamento da energia dos oceanos – energia das ondas: renovável, economicamente viável e limpa” 2014.

KIRINUS, Eduardo de Paula; STRINGARI, Caio Eadi; MARQUES, Wiliam Correa. Viabilidade de conversão da energia de correntes marinhas na plataforma continental Sul do Brasil. Vetor: revista de ciências exatas e engenharias, Rio Grande, v. 22, n. 2, p. 83-104, 2012.