

Energia marítima: aspectos tecnológicos, econômicos e impactos ambientais na geração de eletricidade

Marine energy: technological, economic and environment impacts in electricity generation

Murillo Barros de Carvalho¹

Daril de Deus Sousa Henrique²

Fernanda Silva Sousa³

Maria Keliane Macêdo Monteiro⁴

Paulo Henrique Viana Nogueira Santana⁵

Resumo

Diante da importância da energia elétrica para a sobrevivência e desenvolvimento humano, são indispensáveis estudos sobre sustentabilidade. Nesse sentido, os oceanos são uma vasta fonte de energia renovável, em função da sua abundância na superfície terrestre e suas diversas formas de aproveitamento como: as ondas, marés, correntes marinhas, energia térmica e gradientes de salinidade. Dessa forma, este artigo tem como objetivo fazer um levantamento e reflexão dos aspectos tecnológicos, econômicos e impactos ambientais na geração de eletricidade, através da energia marítima. O Brasil tem potencial mínimo de 40 GW que podem ser aproveitados das águas do seu litoral. Avanços científicos para melhoria da tecnologia podem possibilitar uma favorável relação de custo-benefício. Tal fator não inviabiliza a possibilidade de já existir investimento no curto prazo nessa opção.

Palavras-chave: Energia marítima. Energia dos oceanos. Fontes renováveis.

Abstract

Facing the importance of electric energy for human survival and development, studies on sustainability are indispensable. In this sense, the oceans are a vast source of renewable energy, due to their abundance on the Earth's surface and their various forms of use such as: waves, tides, sea currents, thermal energy and salinity gradients. Thus, this article aims to survey and reflect on technological, economic and environmental impacts in the generation of electricity, through marine energy. Brazil has a minimum potential of 40 GW that can be used from its coastline waters. Scientific advances to improve technology may enable a favorable cost-benefit ratio. This factor does not preclude the possibility that there is already a short-term investment in this option.

Keywords: Marine energy. Ocean energy. Renewable sources.

1 Mestre em Agroenergia e Engenheiro Ambiental pela Universidades Federal do Tocantins (UFT), Palmas, TO, Brasil. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Campus Imperatriz, MA, Brasil. <https://orcid.org/0000-0003-2873-1852>. E-mail: murillo.carvalho@ifma.edu.br

2 Discente de Engenharia Elétrica no IFMA. <https://orcid.org/0000-0002-4280-7799>. E-mail: darilddesus@gmail.com

3 Engenheira eletricitista pelo IFMA. <https://orcid.org/0000-0001-5723-1211>. E-mail: fernandasousa3@hotmail.com

4 Engenheira eletricitista pelo IFMA. <https://orcid.org/0000-0003-3551-512X>. E-mail: mkelianemacedo@gmail.com

5 Engenheiro eletricitista pelo IFMA. <https://orcid.org/0000-0002-6348-1089>. E-mail: paulo.santana_cs@hotmail.com

Artigo recebido em 14.04.2020 e aceito em 03.09.2020.

1 Introdução

Os oceanos apresentam uma vasta fonte de energia renovável, em função de algumas de suas características como: ondas, correntes e marés, por exemplo, além de sua abundância na superfície terrestre. Segundo Fleming (2012), há um potencial líquido global de 3 Terawatts (TW) de energia, desconsiderando as perdas no próprio processo. O potencial para geração de energia elétrica, a partir do mar, além do aproveitamento das ondas, inclui também as marés, correntes marinhas, energia térmica e gradientes de salinidade.

Estudos realizados sobre a disponibilidade dessas fontes para uso energético, bem como as tecnologias de aproveitamento das formas de energia, mostram, em uma perspectiva de longo prazo, um grande e promissor potencial a ser explorado economicamente, aliado ao avanço e competição tecnológicos, sempre destacando as vantagens e restrições socioambientais, associadas ao uso de cada fonte (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007).

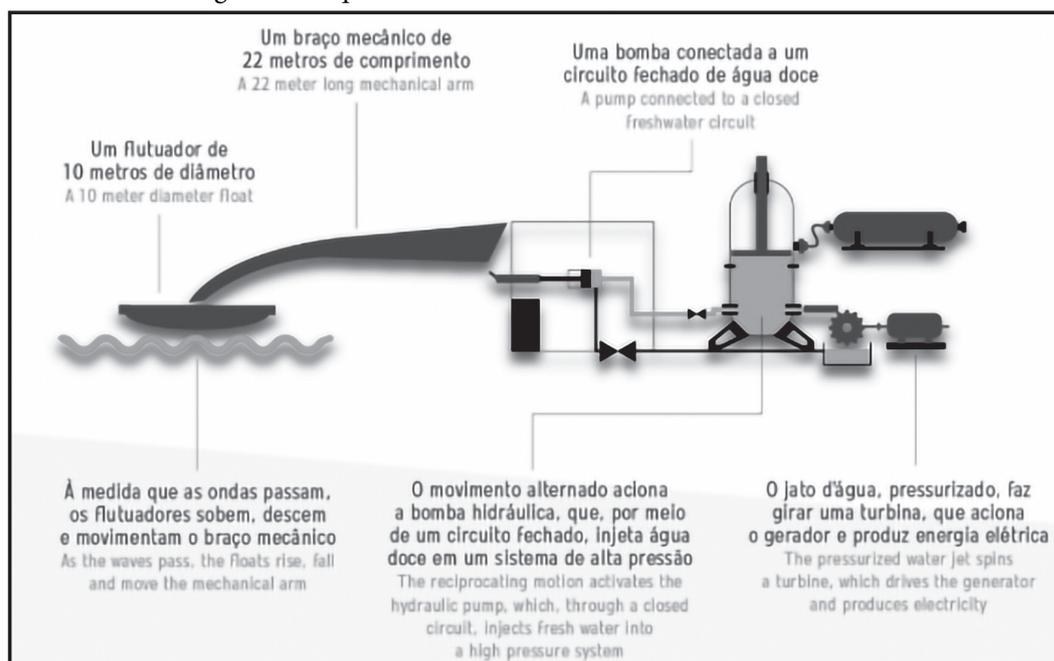
Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2, são apresentadas as formas de aproveitamento da energia marítima; a seção 3 mostra os impactos econômicos; a seção 4, os impactos ambientais, associadas ao uso de cada fonte; na seção 5, são apresentadas as considerações finais do levantamento bibliográfico sobre o tema.

2 Formas de aproveitamento

2.1 Energia das ondas

As ondas são, em última análise, uma forma alternativa da energia solar. O aquecimento da terra provoca os ventos que, por sua vez, formam os movimentos oscilatórios das águas próximas à superfície do mar (figura 1). Segundo o Portal Biosistemas da USP, estima-se que os 8 mil km da costa brasileira gerariam 87 gigawatts, através de usinas de ondas (PORTAL BIOSISTEMAS BRASIL, 2018). O potencial de 20%, transformado em energia elétrica, seria o equivalente a 17% da capacidade total instalada no País.

Figura 1 - Esquema de funcionamento de uma usina de ondas



Fonte: Câmara Brasil Portugal no Ceará - Comércio, Indústria e Turismo (2020).

No século XVIII, foi realizada a primeira tentativa de uso da energia das ondas, quando os franceses Monsieur Girard e seu filho patentearam um mecanismo de ação direta para mover bombas e moinhos. A ideia era fixar travessas de madeira aos navios de batalha atracados e usá-las como alavancas no cais, aproveitando a oscilação dos navios provocada pelas

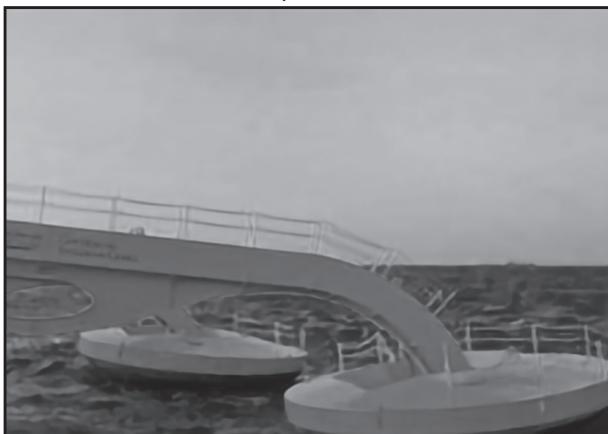
ondas. Embora o sucesso da conversão da energia das ondas por muito tempo tenha ficado restrito ao abastecimento de boias de navegação, a partir da década de 90, estudos e pesquisas acerca dessa fonte de energia têm sido incentivados por alguns eventos que contribuíram para o desenvolvimento de novas ideias e conceitos (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007).

O Protocolo de Kyoto, em 1997, levou diversos países a financiarem projetos de pesquisa de fontes renováveis de modo a reduzir as emissões de poluentes, em que, devido à oposição ao uso da energia eólica até o início do século XX, admite-se que parcela significativa desse percentual possa ser derivada da energia das ondas (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2007). Entretanto, em abril de 2019, a energia eólica se tornou a segunda fonte mais relevante na matriz energética brasileira, abaixo apenas da energia hidroelétrica. Segundo a CanalEnergia (2019), o potencial devidamente aproveitado e com investimentos num curto espaço de tempo possibilitou a geração de 15 GW, através de 601 parques eólicos e mais de 7 mil aerogeradores em 12 estados da federação.

O sucesso da energia dos ventos em terras brasileiras levanta a atenção de que outras formas de energia renovável poderiam render tanto quanto ou, até mais do que a eólica. Segundo estudos da Ocean Energy Systems (2017), estima-se um potencial de 300 GW para a energia maremotriz e das ondas, e um valor da mesma ordem de grandeza, para conversão térmica oceânica, no mundo, em 2050.

Na América do Sul, a maior densidade energética é encontrada ao sul do continente, nas águas chilenas a oeste do Cabo Horn. Em águas brasileiras, a densidade energética das ondas (relação entre energia gerada por metro da crista da onda) não supera 20 kW/mês, entre as regiões Sul, Sudeste e parte da região Nordeste (figura 2). Estudos realizados pela Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia (COPPE) sugerem um potencial de 40 GW no Brasil, com potências variando entre 14,5 kW/mês na região de Vitória, Espírito Santo, a 33 kW/mês no Rio Grande do Sul (TOLMASQUIM, 2004).

Figura 2–Usina de ondas no Porto de Pecém, Fortaleza-CE



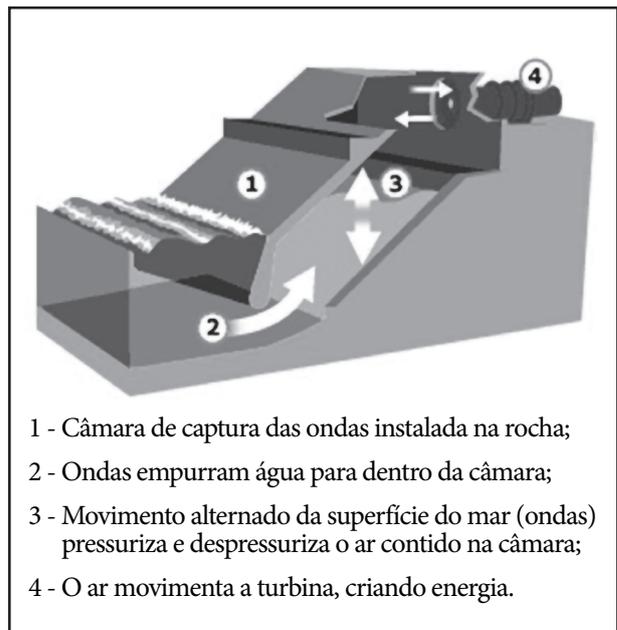
Fonte: Câmara Brasil Portugal no Ceará Comércio, Indústria e Turismo (2020).

As ondas com maior potência nessa região se encontram no período entre os meses de maio e setembro. Se calculado, chegam, em média, a uma potência três vezes maior que o período compreendido entre janeiro e fevereiro, que apresenta ondas de menor potência ao longo do ano. A relação entre as potências máxima e mínima alcança valores de ordem 3.

2.2 Energia das marés

A geração de energia elétrica em usinas maremotrizes se faz pela acumulação das águas na maré alta e devolução ao mar durante a maré vazante, aproveitando o volume acumulado e a altura das águas na barragem para produzir energia elétrica, à semelhança das usinas hidráulicas convencionais, como demonstrado na figura 3.

Figura 3 - Esquema de funcionamento de usina maremotriz



Fonte: BBC Brasil (2018).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2007), os três principais componentes de uma usina maremotriz são: o barramento que permite a acumulação e elevação do nível das águas; os grupos turbina-gerador e as comportas que permitem o afluxo da água do mar ao reservatório criado. Em termos operacionais, as usinas podem ser classificadas como de ciclo único que operam apenas ao longo do enchimento ou do esvaziamento do reservatório. Podem ainda, ter um ciclo duplo, isso é, operar tanto no enchimento quanto no esvaziamento do reservatório.

Na operação em ciclo único na maré vazante, o enchimento do reservatório é feito na subida da maré e a geração começa cerca de 4 horas, após o nível máximo de maré, de modo a maximizar a queda líquida, e se estende por 2 horas, após o nível mínimo da maré, de modo que a usina pode gerar por 4 horas a cada 12 horas.

Na operação em ciclo único na maré enchente, o reservatório permanece vazio até que a maré tenha atingido seu nível máximo, quando a usina entra em operação. Também nesse contexto, o tempo de operação da usina não supera 4 horas, a cada 12 horas. Como o nível da água no reservatório é, em média, inferior ao nível do mar, esse modo de operação pode restringir a movimentação de embarcações na área do reservatório.

Segundo Silva (2012), o custo de tal usina maremotriz é semelhante ao de uma hidroelétrica, entretanto, com menor aproveitamento da potência instalada, devido à disponibilidade da energia das marés não ser constante. Além disso, os impactos ambientais ainda são consideráveis, mesmo não havendo emissão de carbono no processo de operação dela.

Pelos dados do Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL, 2007), estima-se em 22.000 TWh/ano a energia potencial pelas marés, mas apenas 200 TWh desse total são aproveitados. Esse pouco rendimento está, ainda, associado a fatores como o elevado custo de investimento e o número relativamente pequeno de locais apropriados para aproveitamento.

Segundo Silva (2012), existem poucos lugares no mundo com capacidade de instalação de uma usina com aproveitamento das marés. De acordo com Caldas, Rangel e Ridolphi (2010), Leite Neto *et al.* (2011) e Tavares (2005), o Brasil possui potencial para a instalação desse tipo de planta, nas regiões Norte e Nordeste, especialmente nos estados do Pará, Amapá e Maranhão, onde a diferença entre as marés baixa e alta varia de 8 a 11 metros. Uma amplitude de marés, em média de 5 metros, de modo geral, é considerada o mínimo aceitável para a viabilidade de produção de energia.

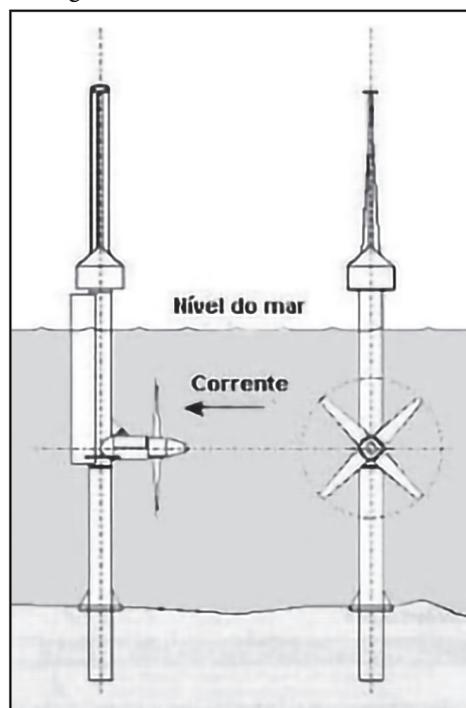
2.3 Energia das correntes

As correntes marítimas são deslocamentos contínuos das águas oceânicas com o mesmo sentido e velocidade. Essas grandes massas de água salgada que correm na superfície dos oceanos e em águas profundas apresentam cursos bastante regulares, sendo tidos como verdadeiros rios oceânicos, cujo principal fator responsável é a variação na densidade

das águas, que, por sua vez, é provocada pela diferença de temperatura.

A velocidade dessas correntes pode atingir valores superiores a 1 m/s. As correntes marítimas, por sua vez, são de importância e magnitude variáveis dadas pela sua localização (COPPE/UFRJ; SEAHORSE WAVE ENERGY, 2013). A energia cinética capaz de ser convertida em energia elétrica é grande, pois, apesar de possuir velocidade inferior à velocidade do vento utilizado nas usinas eólicas, a densidade da água é cerca de 800 vezes superior (ELGHALI; BENBOUZID; CHARPENTIER, 2007) (figura 4). Outra vantagem desse tipo de usina, é a periodicidade e a previsibilidade das correntes.

Figura 4 - Esquema do funcionamento de energia, através das correntes marítimas



Fonte: Energia Inteligente (2014).

A distância entre o local em que passa a corrente e o continente pode ser um ponto negativo na construção do projeto. Segundo Neves *et al.* (2019), distâncias, normalmente entre 30 m e 1000 m, aliadas à profundidade necessária para a melhor geração, elevam os custos de transmissão da energia elétrica. Como os condutores serão mais longos e submersos, os cuidados para garantir a segurança e o funcionamento justificam a situação. Atualmente, a maior usina desse tipo em operação localiza-se no Reino Unido, com potência de 1,2 MW que permite a geração de 3.800 MWh por ano (SILVA, 2012).

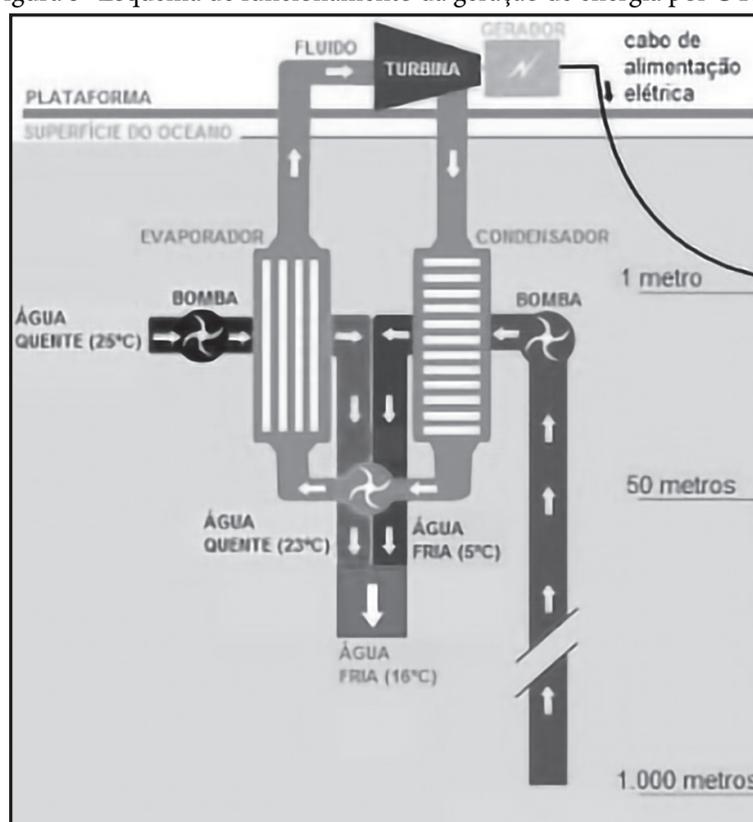
2.4 Diferença de energia térmica (*Ocean Thermal Energy Conversion – OTEC*)

Os oceanos, com uma superfície de 361 milhões de km², aproximadamente 71% do total da Terra, possuem um volume de 1370 km³ e atuam como grandes sistemas coletores e de armazenamento dessa energia.

A conversão da energia térmica dos oceanos requer uma diferença mínima de 20°C, a qual pode ser obtida

com plataformas oceânicas que captam água da superfície a cerca de 24 a 25°C e do fundo do mar, entre 4 e 5°C com aproximadamente 1000 m de profundidade. Esse recurso energético é encontrado principalmente entre os trópicos, onde a temperatura da superfície do mar se mantém durante a maior parte do ano nos valores requeridos. O potencial energético da OTEC (figura 5) é considerado o maior entre as fontes de energia oceânica (RAVINDRAN; RAJU, 2015).

Figura 5- Esquema de funcionamento da geração de energia por OTEC



Fonte: Grimoni (2012).

2.5 Gradiente de salinidade

O gradiente de salinidade entre dois corpos de água contém um elevado potencial osmótico como, por exemplo, na diferença de concentração de sal entre a água dos rios e a do mar. A enorme quantidade de energia liberada, quando as duas águas se encontram, cujo local denomina-se estuário, pode ser utilizada para gerar energia, através de osmose, que é definida como o transporte de água, através de uma membrana semipermeável (figura 6).

A Eletrodialise Reversa (RED) e a Osmose Retardada de Pressão (PRO) são os principais processos identificados para converter a energia contida

na diferença de salinidade em eletricidade (COPPE/UFRJ; SEAHORSE WAVE ENERGY, 2013).

3 Aspectos econômicos

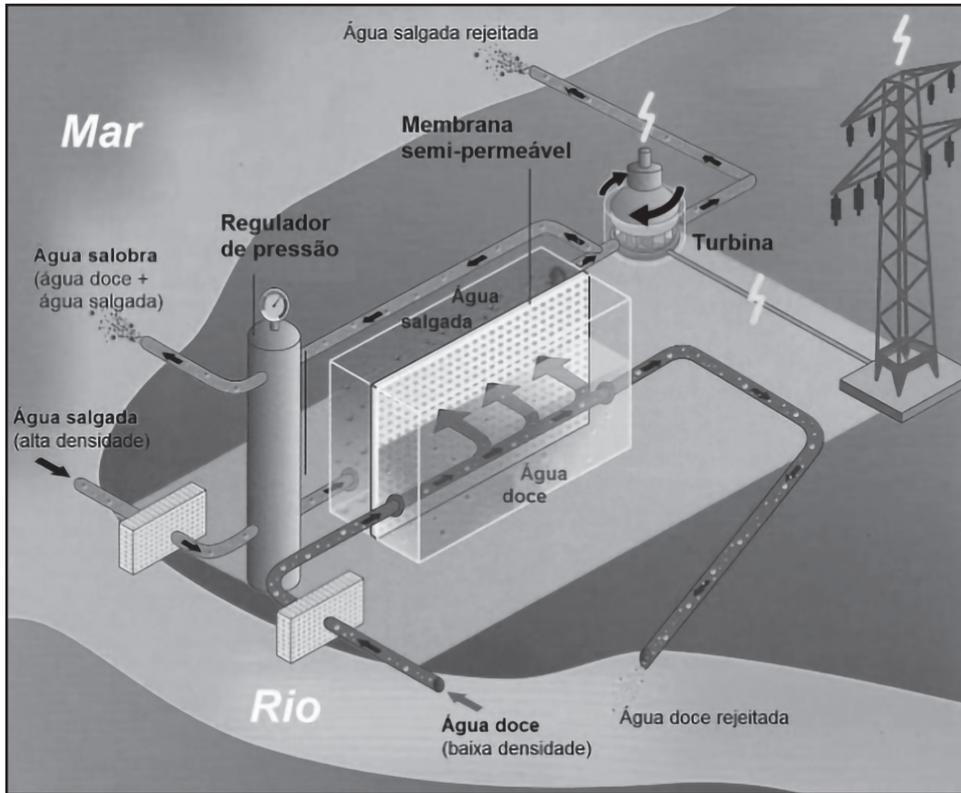
O cenário dos investimentos, voltados para a exploração de recursos naturais estratégicos, impulsiona países do mundo inteiro a melhorar suas fontes de produção, na perspectiva de trazer mais sustentabilidade à produção de energia elétrica, de forma a tornar mais atrativo economicamente o desenvolvimento desejado.

Considerando a necessidade de evolução consciente do modelo de produção de energia, é intrínseco

fazer estudos comparativos sobre os custos de implantação de novas tecnologias. Os custos médios de instalação, tanto informados pela Agência Nacional

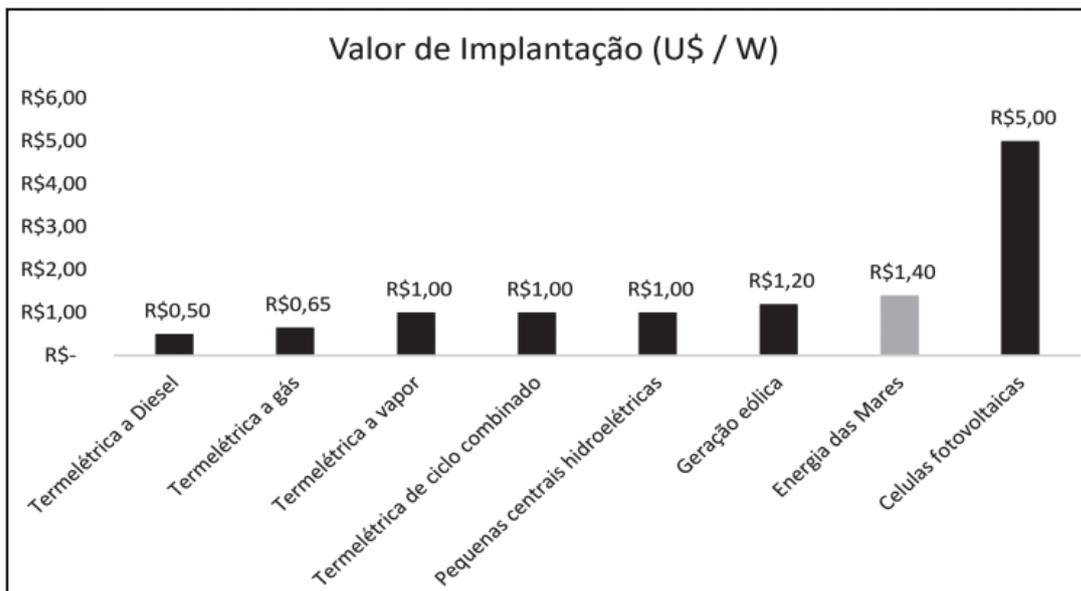
de Energia Elétrica quanto publicados em um estudo da CESP (Companhia Energética de São Paulo), são apresentados na figura 7.

Figura 6 - Esquema de geração de energia por gradiente de salinidade



Fonte: Ecosolar (2017)

Figura 7 - Valores típicos de implantação de usinas geradoras de energia



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2006).

Analisando o preço de produção em dólar por watts (U\$/W), como valor de referência, para avaliar o custo de investimento para produção de energia, observa-se que a construção da Usina Maremotriz de Sihwa Lake – Coreia do Sul que recebeu investimento de U\$ 355,1 milhões para uma capacidade instalada de 552,7 GWh/ano, teve um custo de implantação de aproximadamente 1,4 (U\$/W), o que torna o investimento bem mais elevado, quando comparado a outras fontes de energia, apresentadas na figura 7, como, por exemplo, as termoeletricas a diesel.

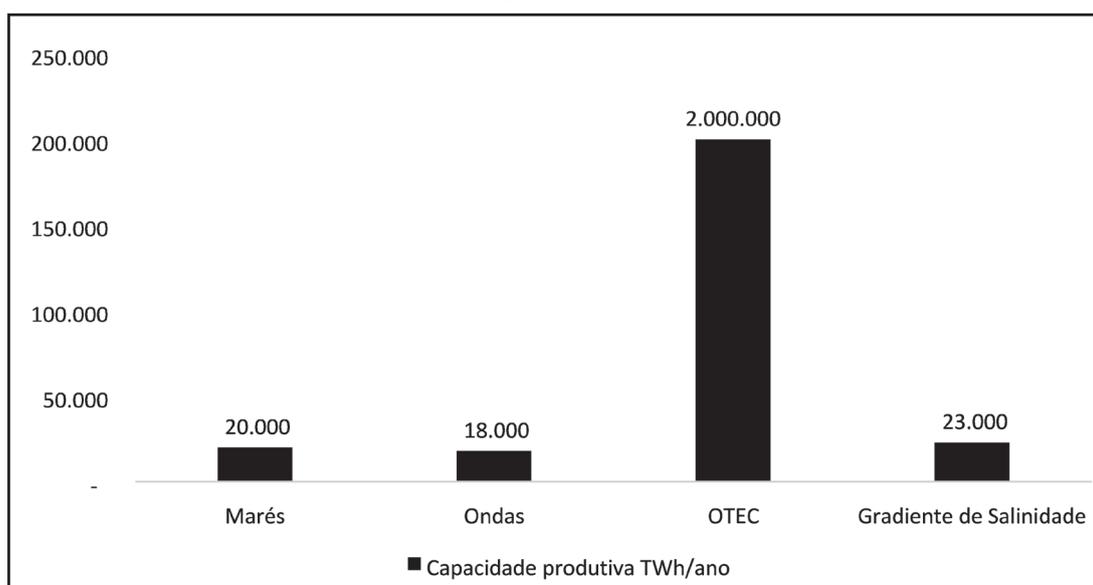
Tratando-se da relação de custo benefício da implantação de energia maremotriz, não observando fatores ambientais, o investimento se torna duas vezes mais elevado em comparação a outras fontes de produção de energia, o que do ponto de vista de uma cultura não ambiental, que visa lucratividade acima das condições de saúde do meio ambiente,

esse tipo de produção de energia ficará sempre entre as últimas escolhas de investimento para produção.

Segundo MacDougall (2015), para que o custo da energia, gerada pela conversão das marés, atinja paridade após 2040, considerando os custos de uma mix de fontes de baixo carbono como a eólica, geração distribuída por fonte fotovoltaica e gás natural. Os investimentos na área poderão gerar um incremento econômico de U\$ 530 milhões ou R\$ 2.840 bilhões (valor do dólar R\$5,36 em novembro de 2020) no PIB e mais de seis mil empregos, com impactos em toda a cadeia de suprimentos, empresas de tecnologia, serviços e produtos.

A figura 8 mostra o potencial energético da produção de energia elétrica, utilizando o mar: através das ondas, das marés, da energia térmica e do gradiente de salinidade.

Figura 8 - O potencial energético da produção de energia elétrica, utilizando o mar



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2006).

Apesar da exploração dessas fontes de energia estarem sendo amplamente estudadas e pesquisadas, seu custo de implantação ainda é bastante elevado. Esse custo tende a reduzir com o uso de equipamentos mais eficientes, o que tende a reduzir também o custo de operação, enquanto o mesmo, para fontes não renováveis, pode aumentar. Consequentemente, o retorno econômico em longo prazo tende a melhorar. Outro aspecto favorável dessas tecnologias é o custo de manutenção bem reduzido frente a uma produção constante (PIACENTINI, 2016).

4 Impactos ambientais

Os impactos ambientais da energia das ondas são limitados, considerando que a seleção dos locais seja feita de modo prudente e o seu desenvolvimento feito de modo controlado como, por exemplo, em relação à instalação de cabos elétricos, dos sistemas de funcionamento e de ancoragem. A ação mais problemática é devido à criação de reservas para grandes parques de energia das ondas que podem prejudicar atividades de pesca e a navegação marítima, em uma área

de vários quilômetros quadrados. Pode haver ainda a perda da integridade e conectividade de *habitats*, mudanças nos fluxos de nutrientes e interação ecológica, perda das atividades de lazer, pesca e valor cênico (MENDONZA *et al.*, 2019).

No desenvolvimento de reservatório de contenção de água das marés ocorrem várias interações com o ambiente envolvente. Algumas podem se revelar positivas, tal como: ajudar a combater o aquecimento global, proporcionar a proteção contra inundações costeiras, e a criação de novos postos de trabalho. Outras têm efeitos potencialmente negativos, como uma alteração da zona entre marés de um estuário, interrupção de rotas migratórias de peixes e obstrução à navegação. Os impactos em ecossistemas estuarinos sensíveis que podem afetar espécies e *habitats* protegidos, característicos dessas zonas, são os maiores obstáculos para o desenvolvimento desse tipo de projeto. Em termos ambientais, as lagoas de marés podem ser uma alternativa mais barata do que as barragens, por funcionarem com fatores de carga mais altos e causar menos danos em ecossistemas sensíveis (COPPING *et al.*, 2014; MENDONZA *et al.*, 2019).

No que se refere às correntes de marés, pelo nível de variação da água nos reservatórios, a maior vantagem ambiental dos dispositivos, usados para o aproveitamento dessa fonte de energia, é que, durante o seu período de funcionamento, não emitem gases com efeito de estufa (WILLSTEED *et al.*, 2017).

De acordo com Silva (2012), as correntes podem ser aproveitadas para gerar energia, sem a necessidade de grandes construções, como as barragens das usinas maremotrizes e hidrelétricas, causando, assim, menos impactos ambientais. Além disso, os problemas ambientais podem ocorrer, à medida que os avanços tecnológicos e as exigências econômicas resultem na transferência dos parques de correntes de marés de águas pouco profundas para águas mais profundas e vice-versa.

As preocupações ambientais, relativas à conversão da energia térmica dos oceanos, incluem o derrame de fluido de trabalho no ambiente, e o efeito que a mistura, em larga escala, teria nas correntes oceânicas que, regra geral, são influenciadas por gradientes térmicos (COPPING *et al.*, 2014; MENDOZA *et al.*, 2019; WILLSTEED *et al.*, 2017).

O Plano Nacional de Energia 2030, redigido pela Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia do Brasil, detalha de forma didática os possíveis riscos de acordo com cada forma de energia (BRASIL, 2007). Aquelas que ainda estão em fase de testes ou não possuem relevante utilização industrial não foram

analisadas, devido aos poucos exemplos disponíveis para estudos de caso em busca de uma padronização de seus impactos ambientais.

Os quadros 1 e 2 apresentam os principais impactos ambientais, gerados pela construção e operação de aproveitamentos de energia das ondas, das marés e das correntes de marés. Algumas características de impactos são idênticas e, por isso, são apresentadas juntas. Considere-se nos quadros a seguir:

TO – Tempo de Ocorrência do impacto em questão;

C – Construção;

O – Operação;

PO – Pós-operação;

É importante ressaltar que outros impactos a serem analisadas são aqueles ligados à água, relacionadas à sua oxigenação, salinização e poluição. Além disso, em obras terminadas em tempo considerável, os efeitos sobre a fauna tendem a desagrar, após o início da operação das usinas. Isso significa que o canteiro de obras tem um efeito, mas não o funcionamento da tecnologia em si (LEITE NETO *et al.*, 2011). Os riscos, associados à construção e à operação das atividades, devem também ser devidamente avaliados para evitar riscos graves às características dos biomas locais (LEITE NETO *et al.*, 2011; SANTOS; MOREIRA, 2015; WILLSTEED *et al.*, 2017).

Outro fator preocupante para o crescimento da energia das ondas é a falta de regulamentação do espaço oceânico e conflitos de utilização, devido ao adiamento nos processos de licenciamento ambiental, bem como, a falta de avaliação do impacto ambiental e dos níveis de desempenho.

5 Considerações finais

A partir daí, entende-se que a energia marítima é uma alternativa atraente para compor o mix energético global, diante do crescente uso dos recursos naturais, devido ao seu potencial de geração de energia. O potencial mínimo de 40GW, que a costa do Brasil possui, seria importante componente da matriz energética que tem o contínuo crescimento da demanda e, portanto, urge novas opções de geração. O baixo impacto ambiental encaixa na perspectiva de soluções que afetem menos o meio ambiente e tenham resultados técnicos satisfatórios, mesmo sendo possível melhorar, ainda mais esse aspecto em alguns casos. Economicamente, tais implantações ainda são, em média, com custos maiores que outras gerações de energia. Contudo, a perspectiva é que, com investimentos no setor, a tecnologia avance e permita competitividade também nesse aspecto, o que se torna uma oportunidade de incentivo à ciência.

O potencial do Brasil é significativo e merece atenção. Embora existam poucas aplicações das tecnologias de aproveitamento da energia marítima, os estudos mostraram um avanço rápido no planejamento de muitos países em investir nessa fonte energética.

Em terras brasileiras, apesar da grande quantidade de outras fontes energéticas disponíveis, é possível que, depois da energia solar e eólica, a energia proveniente do mar seja próxima fonte de geração de energia elétrica a se desenvolver.

Quadro 1 - Impactos socioambientais, decorrentes da construção e operação de aproveitamentos de energia das ondas do mar - *Onshore* e de energia da maré - por Usina maremotriz

Energia das ondas - Onshore			
Aspectos	Impactos	TO	Medidas mitigadoras ou compensatórias / Projetos / Programas
Ocupação do solo pelo canteiro de obras	Interferência com população local; interferência com flora e fauna; aumento de ruído e poeira e alteração do uso do solo.	C	Compensação monetária ou permuta de áreas, utilização de sistemas anti-poeiras; recuperação de áreas degradadas; regulação das máquinas utilizadas, evitando produção de ruídos e emissões desnecessárias.
Transporte de equipamento pesado	Poluição sonora e alteração do trânsito local	C	Planejamento do sistema de tráfego, de modo a se evitar os horários de pico
Movimentos migratórios causados pela construção dos equipamentos	Aumento da demanda por serviços públicos; habitação e infraestrutura de transporte; alteração da organização sociocultural e política da região; aumento das atividades econômicas da região com possível posterior retração, após o término do empreendimento.	C/O	Apoio na construção do Plano Diretor do município; adequação das infraestruturas de habitação; educação e transporte
Distorção estética	Alteração da paisagem pela poluição visual; redução de atividades ligadas ao turismo.	C/O	Projetos paisagísticos e arquitetônicos para redução do impacto visual
Construção e operação da usina	Interferência com flora e fauna; interferência com atividades turísticas.	C/O	Compensação monetária; recuperação de áreas degradadas; criação de Unidades de Conservação.

Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2007).

Quadro 2 - Impactos socioambientais, decorrentes da construção e operação de aproveitamentos de energia das ondas do mar - *Offshore* e energia das correntes marítimas e de maré

Energia das ondas - Onshore			
Aspectos	Impactos	TO	Medidas mitigadoras ou compensatórias / Projetos / Programas
Transporte marítimo de equipamentos	Perturbação da navegação e pesca locais.	C	Utilização do "Aviso aos Navegantes" e sinalização adequada.
Distorção estética	Alteração da paisagem pela poluição visual.	C/O	-
Instalação e operação dos equipamentos	Interferência com flora e fauna marinha; interferência com atividades turísticas; interferência com atividade pesqueira, risco à navegação.	C/O	Compensação monetária; recuperação de áreas degradadas; criação de Unidades de Conservação; utilização do "Aviso aos Navegantes" e registro em cartas náuticas; sinalização adequada.

Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética (2007).

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA. **Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração - SCG**. 2006. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 9 maio 2019.
- BBC BRASIL. **Guia de energia global**. 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/especial/1931_energia/page5.shtml. Acesso em: 12 ago. 2020.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília: EPE, 2007. v. 12.
- CALDAS, L.; RANGEL, P.; RIDOLPHI, R. Energia maremotriz e suas diretrizes: a reutilização da energia, de forma renovável, economicamente vantajosa e limpa. **Revista Bolsista de Valor**, v. 1, p. 191-198, 2010.
- CÂMARA BRASIL PORTUGAL NO CEARÁ - COMÉRCIO, INDÚSTRIA E TURISMO. **Energia das ondas: Ceará pode ser referência em geração, mas aguarda investimento**. 2020. Disponível em: <https://cbpce.org.br/energia-das-ondas-ceara-pode-ser-referencia-em-geracao-mas-aguarda-investimento/>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- CANALENERGIA. **Energia eólica atinge 15GW de capacidade instalada no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/noticias/53096013/energia-eolica-atinge-15-gw-em-capacidade-instalada-no-brasil>. Acesso em: 30 jul. 2020.
- COPPE/UFRJ; SEAHORSE WAVE ENERGY. **Fontes de energia renovável do mar: panorama no Brasil**. [s.l.: s.n.], 2013.
- COPPING, A. et al. An international assessment of the environmental effects of marine energy development. **Ocean & Coastal Management**, v. 99, p. 3-13, 2014. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2014.04.002.
- ECOSOLAR. **O encontro da água doce com a água salgada pode gerar mais da metade da demanda de energia do mundo**. 2017. Disponível em: <https://www.ecosolarer.com.br/2017/06/o-encontro-da-agua-doce-com-agua.html>. Acesso em: 13 ago. 2020.
- ELGHALI, S. E. B.; BENBOUZID, M. E. H.; CHARPENTIER, J. F. Marine tidal current electric power generation technology: state of the art and current status. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, 2007, Antalya. **Proceedings [...]**. [s.l.]: IEEE, 2007. p. 1407-1412.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>. Acesso em: 9 maio 2019.
- ENERGIA INTELIGENTE. **Especial - Força maremotriz opção conveniente de geração de energia?** 2014. Disponível em: <http://energiainteligenteufjf.com.br/especial/forca-maremotriz-opcao-conveniente-de-geracao-de-energia/>. Acesso em: 13 ago. 2020.
- FLEMING, F. P. **Avaliação do potencial de energias oceânicas no Brasil**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra, Rio de Janeiro, 2012.
- GRIMONI, J. A. B. **Centrais Termoeletricas**. 2012. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fdisciplinas.usp.br%2Fmod%2Fresource%2Fview.php%3Fid%3D21662&psig=AOvVaw3TYSqNgW5TpHzV5Oxf3Uwy&ust=1597881847969000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjhqfwoTCID1jbz8pesCFQAA-AAAaAAAAABAD>. Acesso em: 13 ago. 2020.
- LEITE NETO, P. B. et al. Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. **Revista Chilena de Ingeniería**, v. 19, p. 219-232, 2011.
- MACDOUGALL, S. L. The value of delay in tidal energy development. **Energy Policy**, v. 87, p. 438-446, 2015.
- MENDOZA E. et al. A framework to evaluate the environmental impact of ocean energy devices. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 112, p. 440-449, 2019. DOI: 10.1016/j.rser.2019.05.060.
- NEVES, M. G. C. et al. Simulação de uma planta OTEC de ciclo fechado operando no Brasil. In: ABDALA, P. J. P. (org.). **Energia solar e eólica**. Ponta Grossa: Atena, 2019. v. 2, p. 333-343.
- OCEAN ENERGY SYSTEMS. **An international vision for ocean energy**: version III. Lisboa, 2017.
- PIACENTINI, P. Faltam estratégias no Brasil para gerar energia das marés. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 3, jul./set. 2016. DOI: 10.21800/2317-66602016000300005.
- PORTAL BIOSISTEMAS BRASIL. **Energia das ondas**

no Brasil. 2018. Disponível em: <http://www.usp.br/portalbiosistemas/?p=7953>. Acesso em: 30 jul. 2020.

RAVINDRAN, M.; RAJU, V. Ocean energy. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, n. 4, p. 983-991, 2015. DOI:10.16943/ptinsa/2015/v81i4/48306.

SANTOS, F. B. S.; MOREIRA, I. T. A. Viabilidade da maremotriz em algumas das regiões litorâneas do nordeste do Brasil. **Revista Eletrônica de Energia**, v. 5, p. 71-78, 2015.

SILVA, R. G. A geração de energia maremotriz e suas oportunidades no Brasil. **Revista Ciências do**

Ambiente, v. 8, n. 2, p. 82-87, 2012.

TAVARES, W. M. **Produção de eletricidade a partir de energia maremotriz**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2005.

TOLMASQUIM, M. T. **Fontes alternativas de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.

WILLSTEED, A. B. *et al.* Assessing the cumulative environmental effects of marine renewable energy developments: establishing common ground. **Science of The Total Environment**, n. 577, p. 19-32, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.152.

