

ENERGIA MAREMOTRIZ: PRINCIPAIS ASPECTOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

TIDAL ENERGY: MAIN ASPECTS AND FUTURE PERSPECTIVES

SANTOS, Jorge Armando dos¹
PAULA JUNIOR, Luiz Affonso²
CAMPOS, Luiz Cláudio Rego³
NÓBREGA, Marcelo de Jesus Rodrigues da⁴

Resumo: Devido à crise energética que atingiu o Brasil nos últimos anos, o emprego de novas formas de tecnologia de geração de energia torna-se fundamental para o atendimento da demanda energética. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo discutir os principais aspectos relacionados a energia maremotriz. Para tal, realizou-se uma revisão bibliográfica exploratória de caráter qualitativo sobre o tema. Por meio da metodologia empregada, tornou-se possível observar que a energia maremotriz possui grandes vantagens e viabilidade de implantação, principalmente nas regiões norte e nordeste do país, devendo por isso serem pensadas iniciativas e incentivos para que os projetos que incluem essa forma de geração sejam realmente implementados.

Palavras-chave: Desenvolvimento econômico; Eletricidade; Energias renováveis; Sustentabilidade.

Abstract: Due to the energy crisis that has hit Brazil in recent years, the use of new forms of energy generation technology becomes essential to meet the energy demand. In this context, the present study aimed to discuss the main aspects related to tidal energy. To this end, an exploratory literature review of a qualitative nature was carried out on the subject. Through the methodology used, it became possible to observe that tidal energy has great advantages and feasibility of implementation, especially in the north and northeast regions of the country, and therefore initiatives and incentives should be considered so that projects that include this form of generation are actually implemented.

Keywords: Economic development; Electricity; Renewable energy; Sustainability.

¹ Especialista em Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas de Potência (UNIGAMA), Bacharel em Engenharia Elétrica (UNISUAM), Técnico em Automação Industrial com Ênfase em Instrumentação (FUNCEFET). – email: jorgearmandodossantos@hotmail.com

² Doutorando em Ciências da Educação (UCP/PY), Mestre em Ecoturismo e Conservação (UNIRIO), Bacharel em Engenharia Civil (USU), Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária (UNIGAMA), Bacharel em Ciências Ambientais (UNIRIO), Licenciado em Ciências da Natureza (UNIRIO), Licenciado em Matemática (ETEP), Licenciado em Pedagogia (UNIBF), Licenciado em Física (FAVENI) - email: luizaffonso1002@gmail.com

³ Pós-Graduando em Engenharia Ambiental (INSTITUTO LÍBANO), Bacharel em Engenharia Civil (USU), Especialista em Docência do Ensino Superior (FAVENI), Bacharel em Engenharia Elétrica (UNISUAM) - email: lrcampos76@gmail.com

⁴ Pós-Doutor em Engenharia (UERJ), Doutor em Engenharia Mecânica (PUC/Rio), Mestre em Tecnologia (CEFET/RJ), Bacharel em Engenharia Civil (UNISUAM), Bacharel em Engenharia Mecânica (CEFET/RJ), Licenciado em Física (UCAM), Licenciado em Matemática (UNISUAM), Licenciado em Pedagogia (UniBF), Tecnólogo em Tecnologia Industrial (CEFET/RJ), Professor do CEFET/RJ, da UNIGAMA e da Universidade Santa Úrsula e Coordenador das Engenharias - USU - email: engmarcelocefet@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescente cenário de degradação ambiental, diversos países passaram a buscar alternativas energéticas e realizar planejamentos estratégicos que diminuíssem a pressão sobre o meio natural. Assim, o aproveitamento de fontes naturais e renováveis para geração de energia passou a ser visto como uma possível solução para esta problemática (SILVA *et al.*, 2018).

No caso dos oceanos, os mesmos apresentam uma possibilidade de uso promissora, dada a sua grande disponibilidade. Apesar da vasta extensão oceânica, são observadas algumas restrições em seu uso. Tais restrições estão principalmente relacionadas as rotas de navegação, assim como as áreas de exploração turística e de lazer. Por outro lado, a exploração das ondas e marés como fontes geradoras de energia também se constitui como uma oportunidade para o desenvolvimento econômico de regiões e geração de empregos (NASCIMENTO, 2017).

O tema ganha ainda mais importância ao considerarmos a diminuição das reservas petrolíferas, fazendo com que devam ser buscadas e priorizadas soluções de geração energética locais. Nesse caso, tendo em vista a extensão do litoral brasileiro, torna-se evidente o potencial de exploração da energia maremotriz. No entanto, para isso devem ser estimulados estudos e pesquisas que envolvam o assunto, de modo a propiciar a expansão do conhecimento nessa área do saber e também a observação e discussão dos aspectos positivos e negativos, dos benefícios e das possíveis limitações (ARRUDA, 2019).

Nesse contexto, considerando o potencial brasileiro e a necessidade de exploração de fontes renováveis de geração de energia, o presente estudo teve como objetivo discutir os principais aspectos relacionados a energia maremotriz.

Ressalta-se que nas seções seguintes serão apresentadas a fundamentação teórica, abordando algumas questões relacionadas ao tema analisado; a metodologia, contendo os caminhos trilhados para a realização desta pesquisa; os resultados e a discussão, descrevendo as informações obtidas e realizando uma análise crítica com base no observado por estes autores, assim como na literatura relacionada; e por fim as considerações finais, destacando as principais reflexões trazidas por este trabalho e também a proposição de ideias e aspectos a serem explorados por estudos futuros.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentação Teórica

Nessa seção serão abordados alguns conceitos iniciais relacionados a temática do estudo.

2.1.1 Marés

As marés podem ser entendidas como oscilações verticais nas superfícies de corpos hídricos, sendo causadas principalmente pela atração gravitacional da Lua e, em menor escala, pelo Sol. Isso ocorre, pois a Lua, apesar de possuir uma massa menor que a do Sol, encontra-se mais próxima do planeta Terra, exercendo assim maior influência sobre esse fenômeno (DUARTE *et al.*, 2018).

As marés podem ser divididas em dois tipos: marés de sizígia e marés de quadratura. As marés de sizígia, também conhecidas marés vivas, são aquelas que acontecem quando ocorre um alinhamento do Sol, da Terra e da Lua, resultando em uma sobreposição das marés solares e lunares. Nesse caso, as marés altas acabam se apresentando ainda mais altas, assim como as marés baixas também se apresentam mais baixas. Esse tipo de maré ocorre a cada duas semanas, no período de Lua cheia e de Lua nova. Por outro lado, as marés de quadratura (ou marés mortas) ocorrem quando a Lua e o Sol acabam formando um ângulo reto, onde o vértice seria o planeta Terra. Nessa situação, não há grande variação entre as marés altas e baixas. As marés mortas ocorrem nos períodos de Lua crescente e Lua minguante (DUARTE *et al.*, 2018).

2.1.2 Energia maremotriz

A geração de energia por meio das marés pode se dar de diferentes maneiras/processos. Alguns dos principais são: por turbinas, por atenuadores, por absorvedor flutuante e por dispositivo de galgamento (DUARTE *et al.* 2018; SILVA *et al.* 2018; ARRUDA, 2019).

No caso do sistema por turbinas, normalmente tem-se a existência de grandes barragens ou baías, que comportam as marés, fazendo com que atinjam grandes níveis (LEITE NETO *et al.*, 2011). Dessa maneira, as turbinas são instaladas em níveis mais baixos, fazendo proveito do grande desnível existente entre a sua localização e a altura da maré (Figura 1).

No sistema por terminais, o movimento de subida e descida das ondas e marés faz com que o ar presente em uma coluna sofra o processo de compressão e despressurização, culminando assim na geração de energia (SILVA *et al.*, 2018) (Figura 2).

Figura 1 – Sistema por turbinas.



Fonte: Adaptado de SILVA *et al* (2018).

Figura 2 – Sistema por terminais.



Fonte: Adaptado de BORGES (2020).

Tratando-se do sistema por atenuadores, ressalta-se que são dispostos longos dispositivos flutuantes em formato cilíndrico no mar. Ressalta-se que essas estruturas são segmentadas e que o movimento das ondas e marés faz com que os mesmos se desloquem. Assim, a energia cinética é convertida em energia elétrica (SILVA *et al.*, 2018) (Figura 3).

Figura 03 – Sistema por atenuadores.



Fonte: ENP (2022).

Em relação ao sistema por absorvedor flutuante, também conhecido como absorvedor de ponto, um dispositivo flutuante é colocado no mar, movimentando-se com as ondas e marés, convertendo a energia mecânica em elétrica (SILVA *et al.*, 2018) (Figura 4).

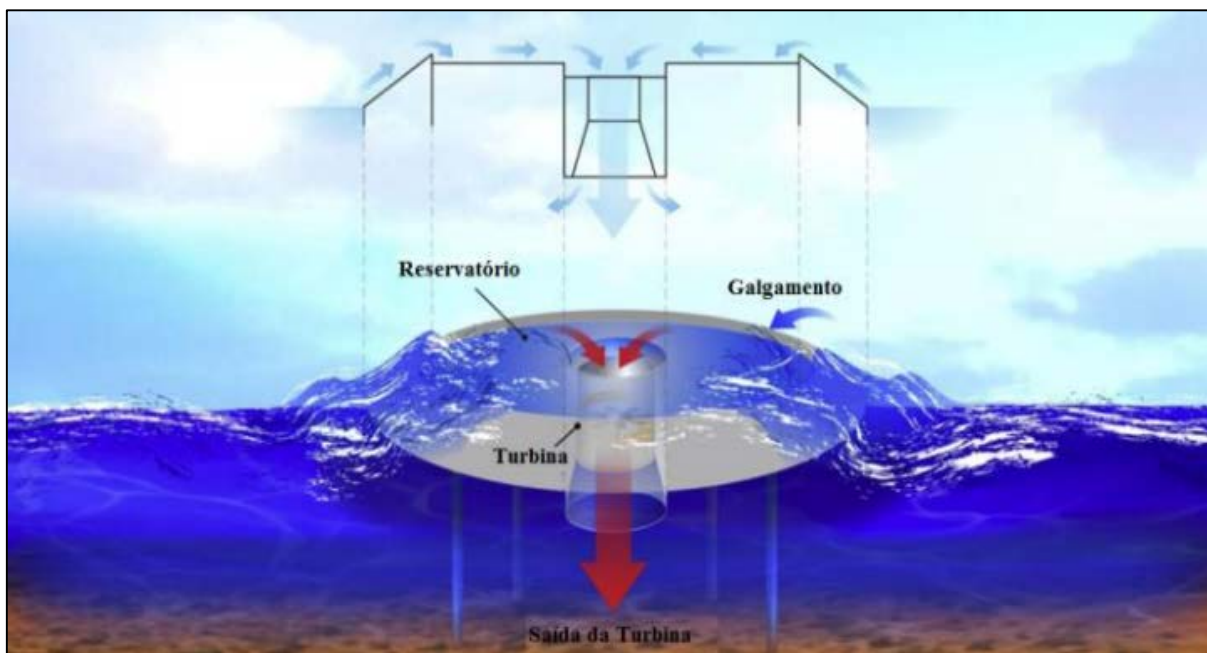
Figura 4 – Sistema absorvedor flutuante.



Fonte: Adaptado de SILVA *et al.* (2018).

Já em relação ao dispositivo de galgamento ou *overtopping*, um reservatório é preenchido pela água das ondas e marés. Assim, ocorre a elevação da pressão da água represada que, quando liberada, gira uma turbina, levando a conversão em energia elétrica (Figura 5).

Figura 5 – Sistema por galgamento.



Fonte: MARTINS *et al.* (2017).

2.2 Metodologia

De modo a alcançar o objetivo proposto, realizou-se uma análise exploratória qualitativa acerca da temática. Dessa maneira, foram consultados artigos científicos, monografias, dissertações e teses disponíveis em um repositório de busca acadêmico (Google Acadêmico). Como palavras-chave foram empregadas “maremotriz”, “energia maremotriz” e “energia maremotriz no Brasil”.

Ressalta-se que os estudos exploratórios envolvendo ações de revisão bibliográfica são de grande relevância por possibilitarem a síntese de conhecimento já existente. Além disso, cabe ainda destacar que propiciam a identificação de aspectos convergentes e divergentes e também a incorporação dos resultados encontrados em atividades práticas (SOUSA *et al.*, 2017). Desse modo, torna-se possível identificar possíveis lacunas existentes e contribuir para o desenvolvimento da energia maremotriz no Brasil.

Após a seleção do material relacionado ao tema, realizou-se a separação das informações e discussão das mesmas, conforme apresentado na seção a seguir.

2.3 Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos por meio da metodologia empregada e algumas considerações sobre os mesmos, abordando três diferentes aspectos, conforme exposto nos tópicos a seguir.

2.3.1 Instalação das usinas

Para a instalação das usinas de energia maremotriz torna-se necessário considerar algumas questões. Um dos pontos principais é a localização. Isso porque, em caso de instalação em condições não ideais, o montante gerado pode ser insuficiente para cobrir os custos de implantação, operação e manutenção. Além disso, devem ser empregados estudos sobre as condições ambientais e espécies viventes no local, de modo a minimizar os impactos gerados. De acordo com Leite Neto *et al* (2011), as costas das regiões norte e nordeste do Brasil são propícias para a instalação de usinas de energia maremotriz.

Considerando o exposto por estes autores, torna-se possível realizar algumas observações. Com a instalação dessas usinas, as instalações das mesmas podem ser exploradas também sob o viés turístico, assim como ocorre na usina hidrelétrica de Itaipu. Dessa forma, serão gerados ainda mais empregos, culminando no crescimento da economia local e, conseqüentemente no desenvolvimento da região. Nesse sentido, ressalta-se a importância da disseminação destas usinas se dar de maneira planejada, buscando considerar aspectos que vão além do econômico, trazendo também benefícios para a comunidade residente nas proximidades.

2.3.2 Vantagens e desvantagens

Uma das principais desvantagens relacionadas às fontes renováveis de energia consiste em sua imprevisibilidade. Isso se torna bastante evidente ao tratarmos principalmente da energia solar e da energia eólica. Por outro lado, no caso da energia maremotriz tal fato não se verifica, pois é possível prever o comportamento das marés de maneira bastante precisa. Dessa forma, torna-se viável dimensionar a energia que será gerada. Destaca-se ainda que a densidade da água do mar é cerca de 800 maior do que a do ar, sendo essa outra vantagem da geração maremotriz em comparação com a eólica (LEITE NETO *et al.*, 2011).

Outro ponto a ser mencionado é que, por estarem localizadas no mar, as usinas para geração maremotriz não necessitam do alagamento de áreas ou a remoção da população de determinadas localidades, como normalmente ocorre no caso das usinas hidrelétricas. Assim, não são gerados custos com desapropriações. Sob o ponto de vista ambiental, a energia

maremotriz também possui algumas vantagens evidentes, tais como a não produção de resíduos e gases poluentes. Além disso, cabe salientar a perspectiva social, pois esse tipo de geração permite o atendimento a localidades que distam das redes distribuidoras (ALCOVER, 2017).

Em contraponto as vantagens citadas, destaca-se que a construção das usinas de energia maremotriz requer um grande planejamento logístico, o que envolve um número significativo de profissionais. Cabe destacar ainda os altos custos para implantação de tais usinas, o que acaba dificultando a sua disseminação principalmente nos países em desenvolvimento. Além disso, devem ser considerados os investimentos em materiais especiais e as ações de manutenção. Isso se deve ao fato dos equipamentos estarem expostos continuamente a água salgada, fazendo com que necessitem de um tratamento especial para resistência à corrosão (SILVA *et al.*, 2018).

2.3.3 Perspectivas futuras

Por conta da necessidade de diversificação da matriz energética nacional, o desenvolvimento de estudos e recursos tecnológicos voltados para a energia maremotriz ganha importância. Ainda mais por ser uma fonte renovável de energia cujas usinas possuem uma perspectiva de vida útil prolongada. De acordo com Barquete e Silva (2013), enquanto as usinas hidrelétricas e térmicas possuem uma vida útil de aproximadamente 40 anos, as usinas de energia maremotriz podem superar entre duas e três vezes esse período.

Apesar da maior vida útil, esse tipo de geração de energia ainda é pouco disseminado no país. No entanto, o período de escassez hídrica e diminuição dos índices de geração das usinas hidrelétricas pode ser um ponto de partida para uma nova postura governamental sobre o assunto. Isso porque, já não são raros os casos de localidades que não são adequadamente atendidas pelas concessionárias de energia por conta da alta demanda.

Nesse sentido, devem ser pensadas soluções desde já para otimização da geração de energia maremotriz. Além disso, devem ser buscadas formas de armazenamento da energia excedente, de modo a aproveitar ao máximo o potencial de cada uma das usinas. Caso isso não seja possível em um curto período de tempo, podem ser pensados sistemas que aproveitem a energia excedente para atender as próprias necessidades da usina.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pressão antrópica sobre o ambiente requer a adoção de medidas que visem alterar o cenário atual. Nesse sentido, a expansão das usinas de energia maremotriz apresentou-se como

uma possível medida para este fim. Por conta das suas grandes vantagens e viabilidade de implantação, principalmente nas regiões norte e nordeste do país, devem ser pensadas iniciativas e incentivos para que os projetos que incluem essa forma de geração sejam realmente implementados.

Nesse contexto, ressalta-se não só a questão econômica, mas também o caráter social, tendo em vista a possibilidade de criação de novos empregos e até mesmo a exploração turística das usinas. Nesse sentido, podemos considerar que a disseminação dessa tecnologia pode nos guiar para um futuro mais sustentável.

Por fim, destaca-se a necessidade da realização de novos estudos sobre a temática, principalmente tratando-se de ações práticas, independentemente da escala. Assim, teremos contato com índices e realidades que nos façam ter mais segurança para explorar o real potencial dessa forma de energia no contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALCOVER, Paulo Roberto Campos. **A utilização de energia dos oceanos aplicada a processos em plataformas “offshore”**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Trabalho de Conclusão de Curso – Especialização em Processamento de Energias Renováveis), 22 p., 2017.

ARRUDA, Arthur da Silva. **Estudo de viabilidade da instalação de uma turbina para gerar energia maremotriz de uma turbina para gerar energia maremotriz no litoral do Estado do Rio de Janeiro**. Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (Monografia – Graduação em Tecnologia em Construção Naval), 49 p., 2019.

BARQUETE, Ana Cláudia Carvalho; SILVA, Natália Passone da. **O avanço e as melhorias com o uso de energias renováveis**. Universidade de São Paulo (Monografia – Graduação em Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação), 118 p., 2013.

BORGES, Leonardo. **Você sabe como funciona a energia das ondas?** Autossustentável, 2020. Disponível em: <<https://autossustentavel.com/2020/04/ondomotriz-energia-ondas.html>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

DUARTE, Raphaela; PEIRÓ, Douglas F.; SEMPREBOM, Thais R.; FREITAS, Juliane S.; SALMAZO, Julia R; ILHO, Rodrigo. O incrível fenômeno das marés: uma onda oceânica. **Revista Biologia Marinha de Divulgação Científica**, v.1, n.1, p. 20-28, 2018.

ESTALEIROS NAVAIS DE PENICHE – ENP. **Pelamis**. 2022. Disponível em: <[TEC-USU | ISSN: 2596-1284 | RIO DE JANEIRO | V. 6 | N. 1 | P. 1-10 | 2023](http://enp.pt/servicos/outros-projectos/pelamis/#:~:text=O%20Pelamis%20C3%A9%20um%20disp ositivo,por%20uma%20empresa%20da%20Esc%C3%B3cia.&text=O%20Pelamis%20consist e%20basicamente%20numa,encontram%20unidos%20por%20juntas%20flex%C3%ADveis.>>. Acesso em: 27 jan. 2022.</p></div><div data-bbox=)

LEITE NETO, Pedro Bezerra; SAAVEDRA, Osvaldo Ronald; CAMELO, Nelson José; RIBEIRO, Luiz A. de Souza; FERREIRA, Rafael M. Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. **Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, v. 19, n. 2, p. 219-232, 2011.

MARTINS, Jaifer Corrêa; BARBOSA, Dante Vinícius Eloy; GOULART, Marcelo Moraes; VIEGAS, Antônio Rickes; FURICH, Anderson Sorribas; ROCHA, Luiz Alberto Oliveira; SOUZA, Jeferson Avila; ISOLDI, Liércio André; SANTOS, Elizaldo Domingues dos. Estudo dos procedimentos numéricos para simulação de um dispositivo de galgamento. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 3, 2017.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Aproveitamento da energia dos oceanos para produção de eletricidade**. Câmara dos Deputados (Estudo Técnico), 19 p., 2017.

SILVA, Anderson Estevam da; BARRETO, Guilherme Barbosa; SANTOS JUNIOR, Hernandes Rodrigo dos; GONÇALVES, João Henrique Nascimento; AMARANTE, Mayara dos Santos. Energia maremotriz. **Pesquisa e Ação**, v.4, n.1, p. 120-128, 2018.

SOUSA, Luís Manuel Mota de; MARQUES-VIEIRA, Cristina Maria Alves; SEVERINO, Sandy Silva Pedro; ANTUNES, Ana Vanessa. A metodologia de revisão integrativa da literatura em enfermagem. **Revista Investigação em Enfermagem**, n.21, série 2, p. 17-26, 2017.