



## **ENERGIA MAREMOTRIZ: OS DESAFIOS EXISTENTES PARA SUA EXPLORAÇÃO EM TERRITÓRIO NACIONAL**

Jessica Costa de Assis <sup>1</sup>

Kaique de Souza Cassiano <sup>2</sup>

Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques <sup>3</sup>

### **Resumo**

Com a Primeira Revolução Industrial, além das mudanças que foram marcadas dentro do campo do trabalho, o setor energético brasileiro passou a enfrentar grandes problemas para a geração de energia devido a quantidade limitante de combustíveis fósseis disponíveis no meio ambiente, com tempo de recomposição muito longo. Diante disso, objetivou-se neste trabalho apresentar aspectos básicos e analisar tendências que viabilizem a geração da energia maremotriz dentro do território nacional, como uma das vias possíveis a ser explorada para a obtenção de energia limpa, sem causar danos ao e/ou impacto ambiental, avaliando condições topográficas para a implementação de uma usina ondomotriz a fim de apresentar vantagens e desvantagens para esse tipo de energia alternativa. A metodologia do presente estudo foi feita por meio de revisão bibliográfica aprofundada sobre o tema, possibilitando a correlação de publicações selecionadas no Portal Periódicos Capas, Scielo e Google Acadêmico, fazendo o uso do recorte no tempo entre os anos de 2012 e 2021. Como resultados obteve-se que a produção da energia maremotriz pode ser aproveitada através de duas formas: Potencial e/ou Gravitacional, sendo a região Nordeste do Brasil a mais propícia para a implementação das usinas. Os desafios do setor energético não chegaram ao fim, desta forma é necessário que o poder público ou privado invista em pesquisas e tecnologias a fim de se ter um maior aproveitamento na geração de energia mais limpa que causem impactos ambientais menores ou nulos.

**Palavras-Chave:** Matriz energética, energia alternativa, usinas ondomotriz.

---

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR, [jessica.costa@aluno.unincor.edu.br](mailto:jessica.costa@aluno.unincor.edu.br)

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR, [kasoucas\\_bol@yahoo.com.br](mailto:kasoucas_bol@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Profa. Dra do mestrado Sustentabilidade em Recursos hídricos e Graduação em Engenharia Ambiental e sanitária, Universidade Vale do Rio Verde - UNINCOR, [roeflorestal@hotmail.com](mailto:roeflorestal@hotmail.com)



## INTRODUÇÃO

No mundo, a fonte energética mais utilizada para a produção de energia elétrica é proveniente de fontes fósseis e não renováveis como o petróleo, o carvão mineral e o gás natural. Essas fontes são consideradas não renováveis de energia acarretando, além da preocupação permanente com o seu esgotamento, a emissão de gases tóxicos e poluentes e material particulado, os quais contribuem para os gases de efeitos estufa principalmente pela emissão de dióxido de carbono (FREITAS & DATHEIN, 2013).

Diante do processo evolutivo da sociedade, principalmente após a Primeira Revolução Industrial, além das transformações relacionadas aos processos de trabalho e produção, o setor energético brasileiro passou a enfrentar grandes desafios devido à crescente demanda de recursos utilizados para a geração de energia a fim de dar continuidade aos mais variados tipos de atividades antrópicas. Por consequência, limitando ainda mais o uso dos combustíveis fósseis, visto que sua exploração é desenfreada. Diante disso, faz-se necessário a busca por novas tecnologias, por meio de estudos e desenvolvimento de projetos que visem a utilização de fontes renováveis para suprir esse déficit e conseguir (PROGÊNIO; FREITAS, 2016).

Dentre as energias alternativas renováveis, mais conhecidas atualmente encontram-se a energia eólica, energia hidráulica, energia do mar, energia solar, energia geotérmica e biomassa. Assim, estando inclusa em um grupo considerado como uma das fontes de energia renovável mais promissoras do mundo, a energia maremotriz é capaz de utilizar as marés para fornecer o seu potencial energético, seja ele proveniente das oscilações das correntes marítimas (energia cinética) ou ainda pela diferença existente entre a maré alta e a maré baixa (energia potencial), especialmente quando há uma diferença maior ou igual a quatro metros, que é o principal fator condicionante para a obtenção desta energia e que também implica no uso de turbinas hidráulicas de baixa queda (ASTARIZ & IGLESIAS, 2015).

Essa fonte de energia, apesar de ser renovável, limpa e capaz de substituir o uso dos combustíveis fósseis, ainda é muito pouco utilizada, porque necessita da construção de barragens, eclusas e unidades geradoras de energia. Astariz e Iglesias (2015), afirmam em

Realização

Apoio



seu estudo que para ela ser eficiente e economicamente viável, a costa precisa ter características específicas com marés maiores do que três metros, onde um dos fatores preocupantes é preço final demasiadamente alto, tornando-a não tão atrativa assim quando comparada aos demais tipos de energias alternativas. Segundo WWF (2012) o custo de instalação das fontes do mar: ondas é de R\$ 9800,00/KW e de correntes marítimas de R\$ 7770,00/ KW, com tendência de redução desses custos nos próximos 10 a 15 anos.

O Brasil, por sua vez, que é um país com grandes dimensões continentais, possui uma enorme linha costeira que abriga grande parte da sua população, vivendo essas pessoas próximas ao mar (FLEMING, 2012). Diante disso, este projeto visa apresentar aspectos básicos através da análise das tendências e viabilidade de geração da energia maremotriz dentro do território nacional, como uma das vias possíveis a ser explorada para a obtenção de energia elétrica sem que haja um dano e/ou impacto ambiental muito grande, avaliando condições topográficas na região norte/nordeste para a implementação de uma usina ondomotriz, a fim de apresentar vantagens e desvantagens para esse tipo de energia alternativa, correlacionando os prováveis impactos ambientais e sociais gerados por meio de sua exploração, em busca de uma possível solução capaz de não afetar o processo de desenvolvimento natural da sociedade.

## REVISÃO DE LITERATURA

### **Revolução industrial: Breve análise evolucionária**

A Revolução Industrial foi capaz de proporcionar um grande crescimento do capitalismo de forma desigual final do século XVIII. Esse fato torna-se ainda mais evidente quando se compara a Inglaterra aos demais países, pois percebe-se apenas mudanças superficiais associadas ao aumento de riquezas, da quantidade de mercadorias, do crescimento das cidades prósperas e enriquecimento de comerciantes no local.

Ressalta-se que, nesse mesmo século, teve também o início do avanço da tecnologia e do conhecimento, que posteriormente impactariam diretamente em todos os aspectos da vida, provocando mudanças econômicas, sociais, políticas e culturais que influenciaram no desenvolvimento tecnológico e no processo de modernização (CONCEIÇÃO, 2012).

Realização

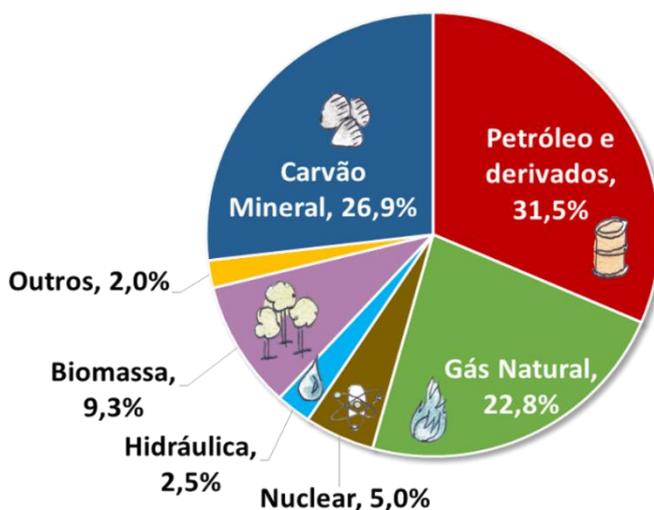
Apoio



## Matriz energética mundial e brasileira: Cenário atual

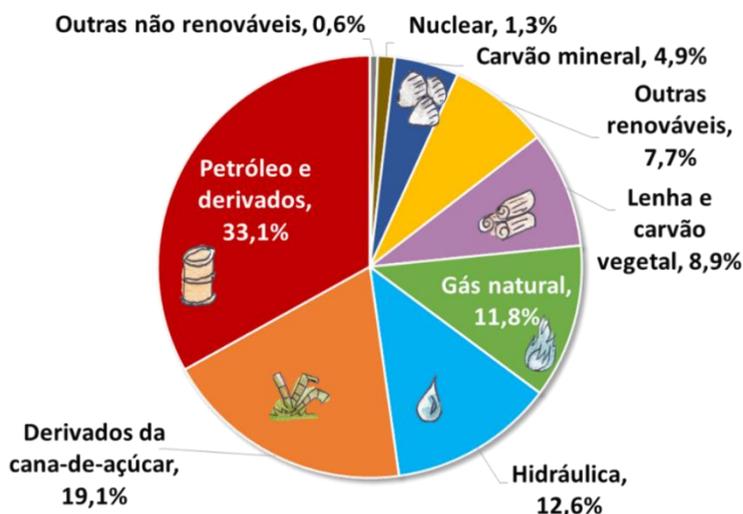
As discussões para a geração de energia, com o passar dos anos, se intensificaram, devido a finitude dos combustíveis fósseis. Apesar disso, a matriz energética mundial ainda continua sendo fortemente sustentada por fontes não renováveis como o carvão e o petróleo, identificados como uma das principais fontes de emissão de gases poluentes.

Silva (2012) afirma em sua pesquisa, conforme dados apresentados em seu trabalho e obtidos através da Agência Internacional de Energia, que os combustíveis fósseis como o Carvão Natural, Petróleo e Gás Natural, utilizados anteriormente para a produção de energia, representavam cerca de 82% (Figura 1).



Fonte 1: Relatório Internacional de Energia (2011)

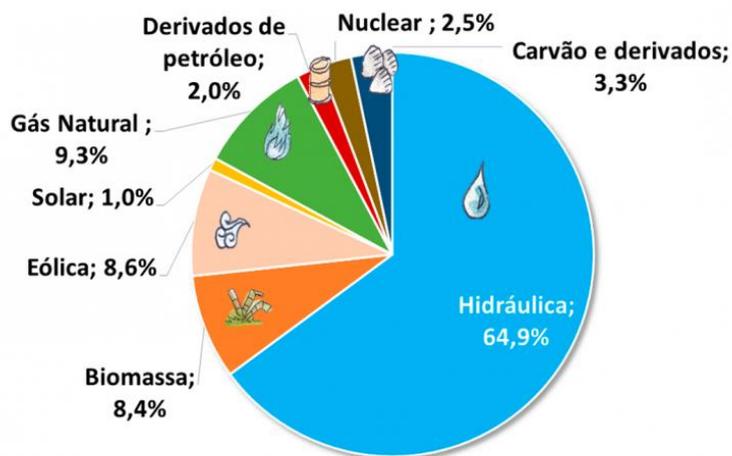
Hoje, porém, esse cenário teve bastante alteração, deixando evidente a mudança através de dados secundários mais atuais apresentados pela Empresa de Pesquisa Energética, no ano de 2021, que essa parcela de utilização e exploração de recursos finitos teve uma diminuição muito grande, onde agora é representada por quase metade dos dados apresentados anteriormente, representando cerca de 45%, da produção total, e deixando notável essa diminuição da utilização dos recursos que necessitam de bastante atenção, por conta de sua escassez e tempo de restauração, fazendo com que a busca pelas energias mais limpas aumentassem conforme indicado na Figura 2 (EPE, 2021):



Fonte 2: Empresa de Pesquisa Energética (2021)

Diante da crescente demanda por energia associada às limitações dos combustíveis fósseis, assim como os aspectos ambientais relacionados ao seu consumo, o setor energético brasileiro se viu obrigado a buscar novas fontes de energia, onde algumas destas se destacaram de formas recentes, conforme a Energia Solar, a Eólica, a Biomassa e a Nuclear, que apesar de não terem se destacado de forma tão promissora ainda, também integram uma pequena parcela na produção de energia limpa, como mostra a Figura 3:

Figura 1: Matriz Energética Brasileira



Fonte 3: Vetorlog – Inteligência em Medições - 2021

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia - MME (2010), as hidrelétricas eram responsáveis por gerar 74,30% da energia em território nacional e, apesar de o Brasil



apresentar-se como um país bastante privilegiado, com um potencial energético consideravelmente limpo, essas usinas necessitam de uma grande área para que haja a sua instalação, gerando assim, um grande impacto para o ambiente, as pessoas e os animais que vivem nesses locais. Esses dados, por sua vez, foram atualizados para 64,9%.

As alternativas renováveis, de menor impacto ambiental, como a energia eólica, solar e aquelas provenientes das marés têm-se mostrado como excelentes possibilidades por não se esgotarem e, além disso, não serem produtoras de resíduos ou emissões de gases poluentes (SILVA, 2012).

## METODOLOGIA

Entendendo a natureza do presente trabalho, a metodologia fundamenta-se na revisão bibliográfica de forma aprofundada sobre o tema, possibilitando a discussão e correlação das publicações selecionadas.

Para a revisão foram consultadas as bases de dados disponíveis no Portal Periódicos Capes, Scielo e Google Acadêmico, sendo utilizados como indexadores as palavras chaves: matriz energética, potencialidade, energia maremotriz, topografia, energia alternativa, exploração, desafios nacionais, usinas ondomotriz, nordeste brasileiro, fazendo o uso do recorte no tempo entre os anos 2012 a 2021 para publicações nacionais.

Dados secundários foram obtidos através do site do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, da EPE – Empresa de Pesquisa e Energética e do MME – Ministério de Minas e Energia, como forma de complementar o embasamento teórico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A energia maremotriz, ou energia das marés, consiste em toda a energia gerada a partir do movimento das ondas, que pode ser obtida através de dois tipos:

- Cinética – proveniente das correntes marítimas e;
- Potencial – fornecida através da diferença de altura entre as marés baixa e alta.

Conforme Santos e Moreira (2015), a maior parte do planeta Terra é constituída

Realização

Apoio



predominantemente por água e, dessa forma, esse tipo de recurso representa uma enorme fonte de energia, possibilitando o desenvolvimento de tecnologia que vise uma maneira de explorar esse recurso que é renovável e necessita de uma zona costeira para a sua geração.

O mar, é algo que está chamando atenção de especialistas em energia que já testam e implantam algumas alternativas de geração de energia, como a usina de ondas. Vários são os estudos no mundo com diversos dispositivos e conversores de energia em escala experimental como em Portugal, por meio de um dispositivo de conversão da energia das ondas a ser incorporado em estruturas de defesa costeira ou portuárias, assim como os trabalhos de investigação realizados e estudos levados a cabo para a otimização e o desenvolvimento do mesmo (OLIVEIRA et al, 2014), na Holanda com o dispositivo Archimedes Wave Swing, Portugal com o dispositivo da Ilha do Pico e Escócia com o dispositivo Pelamis. Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Índia, China e Japão (CLEMENT et al ., 2002)

Existem três tipos de aproveitamento das energias das ondas, sendo o primeiro pela inserção de uma “coluna de água oscilante” no corpo da estrutura, a segunda com o aproveitamento da energia potencial ganha pela água por meio do espraçamento/galgamento (overtopping/run up), o terceiro tipo se dá por meio de estruturas portuárias com dispositivos que aproveitam a energia das ondas através do movimento de vários corpos flutuantes (Oliveira et al, 2014), sendo o tipo de aproveitamento utilizado na Usina de Pecém no Brasil.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), o Brasil é um país com dimensões continentais, possuindo cerca de 8.000 km de linha costeira, com grande parte da população vivendo próximo ao mar, onde o Nordeste Brasileiro equivale a cerca de 18% do território nacional, com a maior parte da zona costeira e altura de ondas propícia o suficiente para a sua exploração, sendo ela composta pelos seguintes estados: Bahia; Ceará; Pernambuco; Paraíba; Rio Grande do Norte; Piauí; Maranhão; Alagoas e Sergipe.

Aqui no Brasil, a primeira usina desse tipo instalada em território nacional está localizada no quebra-mar do Porto de Pecém, a 60km de Fortaleza, no estado do Ceará (Figura 4). Ela teve seu início de construção no ano de 2012, com previsão de término em

Realização

Apoio



2020, visando tecnologia 100% nacional e capacidade de geração de 100 quilowatts (KW), com potencial de abastecimento para 60 famílias, porém no ano de 2014 a obra já havia sido abandonada, com previsão de retorno somente no ano de 2017, isso aconteceu, mas a obra ainda não está acabada e segue em andamento (TELES, 2015). A figura 4 mostra como o projeto para a construção da Usina do Pecém:

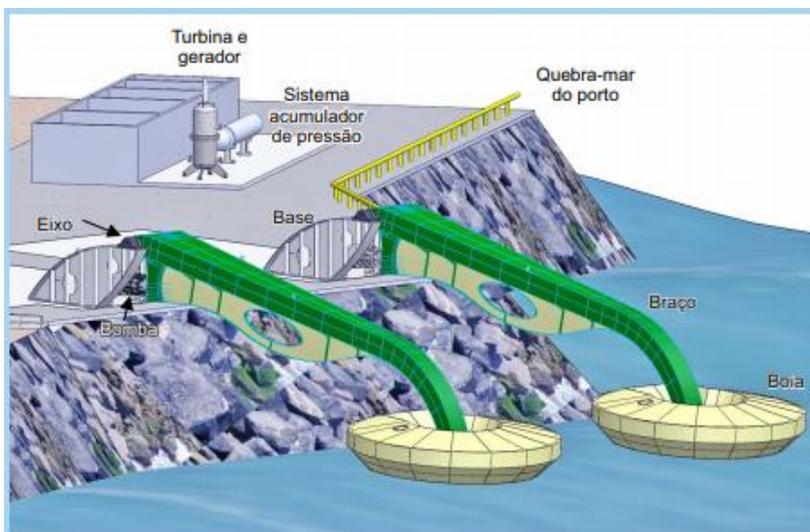


Figura 2 - Esquema da Usina de Pecém

O complexo do Pecém, que é formado por uma Área Industrial, é uma “*joint venture*” e tem como acionistas o Governo do Ceará (70%) e o Porto de Roterdã, Holanda, (30%), sendo considerado um dos mais jovens terminais portuários do Brasil, faz também parte da rede Green Award, como fornecedor de incentivos, oferecendo descontos sobre a tarifa de utilização das instalações na acostagem para navios sustentáveis, que para se enquadrarem nessa categoria, as embarcações, devem comprovar um bom desempenho ambiental em relação a emissão de poluentes atmosféricos e CO<sup>2</sup> (TELES, 2015).

Devido a crescente conexão do porto com a região metropolitana, o distrito do Pecém teve a sua dinâmica de funcionamento totalmente modificada porque antes as áreas onde ele foi construído era composta por frágeis comunidades de origens indígenas e tinham a agricultura, a pesca e o veraneio com as suas principais atividades produtivas. Esse fato, acabou causando um grande impacto na esfera ambiental (TELES, 2015). Observa-se isso nas figuras 5 e 6:

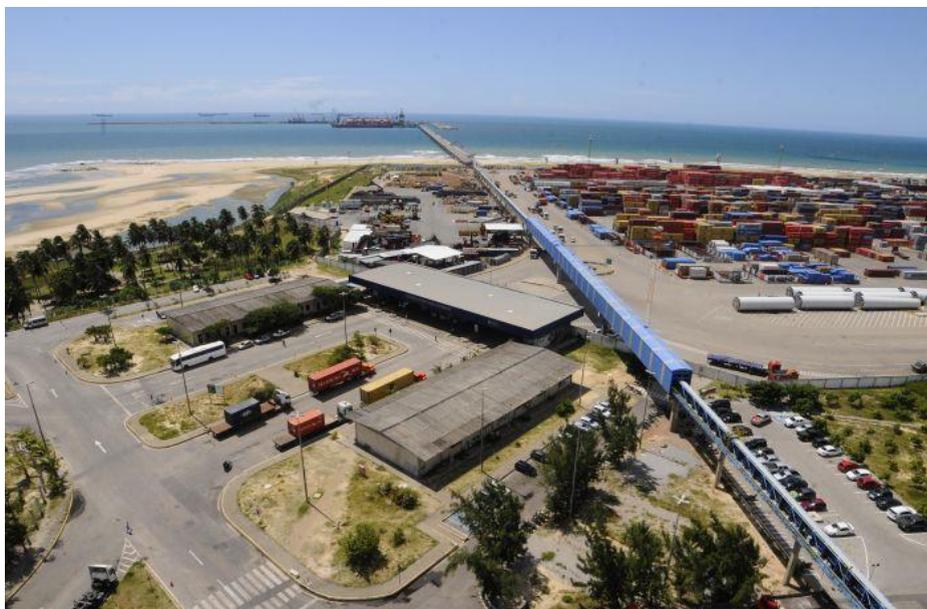


Figura 3: Complexo Industrial e Portuário do Pecém

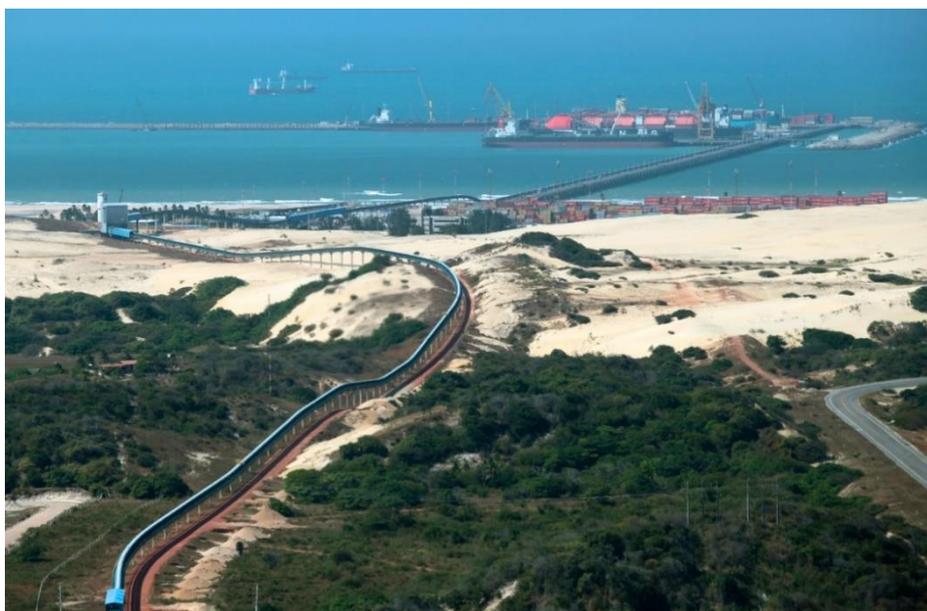


Figura 4: Complexo Industrial e Portuário do Pecém

O sistema de tecnologia utilizado para a construção de uma usina maremotriz já tem disponibilidade comercial como afirma Silva (2012), o sistema é modular e pode gerar a quantidade de energia necessária ou desejada porque o Brasil tem uma vantagem enorme tendo 80% de sua população concentrada na faixa de até 250 km da zona costeira.

Realização

Apoio



Apesar de muitas vantagens existentes para a implementação de usinas ondomotrizes em território nacional, investimento inicial é bastante alto, além disso a forma de transmissão e comercialização da energia gerada vai variar de acordo com a necessidade desejada pelo contratante (SILVA, 2012).

O valor do investimento para esse tipo de usina também vai depender da demanda de MW, onde o estimado é de U\$\$800 mil por megawatt de potência instalada que quando comparado a energia solar, o investimento chega a ser de U\$\$1,5 milhão pela mesma quantia, logo é possível observar que realmente é viável a instalação de uma usina assim, porém, esse valor ainda é bem alto e faz-se necessário parcerias entre empresas públicas e privadas, que em colaboração busquem por tecnologias com o intuito de diminuir ainda mais esse valor, pois a manutenção dos equipamentos é bem barata, ou seja, a construção e instalação das usinas ondomotrizes é viável. (TELES, 2015).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desafios enfrentados pelo setor energético brasileiro são capazes de colocar as fontes de energias alternativas em posições de destaque e estudo de viabilidade, na implementação de usinas que buscam uma maior participação na matriz energética mundial, evidenciando que se deve fazer investimentos nesses setores do ponto de vista estratégico.

Apesar da quantidade de usinas que buscam a produção de energias mais limpas serem bem pequenas, o setor tem crescido de forma gradativa, embasando se na busca pelas melhores tecnologias, assim como os princípios operacionais adotados, mostrando-se bastante confiáveis, porém com um alto valor de investimento inicial.

Vale destacar que, no início, a implementação de uma usina ondomotriz no Brasil é bastante cara, porém o custo para a sua manutenção é bastante acessível e necessita de investimento por parte do poder público e/ou privado. Os métodos convencionais de exploração de energia maremotriz também necessita de uma barragem bastante detalhada, englobando estudos de impactos ambientais e sociais na região a serem instaladas, pois embora sejam uma fonte livre de emissões de gases de efeito estufa, os impactos causados diante das suas construções podem acarretar danos bastante significativos, quando feitos de

Realização

Apoio



forma irresponsável.

Portanto, faz-se necessário investir e aproveitar o surgimento das novas tecnologias adequadas para a sua exploração, de forma que os impactos não venham a causar danos significativos ao meio ambiente, inviabilizando, assim, a sua construção.

## REFERÊNCIAS

ASTARIZ, S.; IGLESIAS, G. **The economics of wave energy: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 397-408, 2015.

CONCEIÇÃO, C. S. **DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL À REVOLUÇÃO DA INFORMAÇÃO: Uma análise da industrialização da América Latina.** Repositório Digital, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

**EPE – Empresa de Pesquisa Energética.** Disponível em: <  
<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> >. Acesso: 16 nov. 2021.

FLEMING, Fernanda Pereira. **“Avaliação do Potencial de Energias Oceânicas no Brasil.”** 100f. Dissertação (Mestrado) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. **Revista Nexos Econômicos**, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.** Disponível em: <  
<https://www.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 19 nov. 2021.  
em: 17 nov. 2021.

OLIVEIRA, P.; TAVEIRA-PINTO, F.; MORAIS, T.; ROSA-SANTOS, P. Aproveitamento da energia do mar através do espraiamento em estruturas costeiras. **Anais do 9ª. Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente**, [2014], FEUP, ISBN 978-989-99439-0-2

PROGÊNIO, M. F.; FREITAS, L. L. **ENERGIA MAREMOTRIZ: Aspectos básicos para geração de eletricidade.** II Congresso Amazônico de Meio Ambiente e Energias Renováveis, 12 a 16, set. 2016.

SANTOS, F. B. S.; MOREIRA, I. T. A. **Viabilidade da maremotriz em algumas regiões litorâneas do Nordeste do Brasil.** Revista Eletrônica de Energia, v. 5, n. 2 p. 71-78, jul/dez. 2015.

SILVA, R. G. **A GERAÇÃO DE ENERGIA MAREMOTRIZ E SUAS OPORTUNIDADES NO BRASIL.** Revista Ciências do Ambiente On-line, v. 8, p. 2, out. 2012.

Realização

Apoio





TELES, Glauciana Alves. **Mobilidade, Trabalho e Interações sócioespaciais: o Complexo Industrial e Portuário do Pecém no contexto da Região Metropolitana de Fortaleza.** 2015. 404 f. Tese de Doutorado em Geografia. Programa de Pós Graduação em Geografia - PROP GEO, Universidade Estadual do Ceará - UECE. Fortaleza, 2015.

WWF - Fundo Mundial para a Natureza. **Além de grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil.** Relatório Técnico. Brasília, 2012.

Realização



Apoio

