



EMILLY SANTOS SILVA

MAREMOTRIZ:
A EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA PELAS MARÉS

Salvador
2021

EMILLY SANTOS SILVA

MAREMOTRIZ:

A EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA PELAS MARÉS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Unime, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica

Orientador: Mateus Eça

Salvador
2021

MAREMOTRIZ:

A EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA PELAS MARÉS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Unime, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Salvador, 26 de agosto de 2021.

Dedico este trabalho aos meus pais, por sempre estarem ao meu lado investindo em realizar e alcançar meus objetivos, e por acreditarem que sou capaz. Dedico este trabalho também aos meus companheiros de curso, principalmente à minha amiga Milena Fonseca por prosseguir os 5 (cinco) anos do curso se mantendo presente ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela minha vida, e por estar presente em todos os momentos, me dando forças para superar os obstáculos encontrados ao longo do curso.

A meus pais, Moises e Joseleide, pelos ensinamentos, apoio e incentivo que sempre tem me dado na vida. Sempre serei grata a toda dedicação que me foi concedida.

A meu querido amigo Mauro Chaves, pela dedicação e paciência em me ensinar e orientar, e por segurar minha mão, me motivando nos momentos difíceis a prosseguir.

A minha amada prima Viviane Pereira e ao seu marido Wanderson, pelo incentivo e acolhimento que foram muito importantes para essa trajetória.

A Lucas Queiroz, pelo companheirismo, motivação e compreensão pela minha ausência no período de elaboração deste trabalho.

A todos os meus familiares por me apoiarem e incentivarem nessa caminhada importante.

A minha grande amiga Laysa, por todo empenho e parceria em me ajudar e motivar.

A minha amiga Milena, pela parceria, animação, incentivo em todos esses momentos.

A Queize Peixoto e ao seu filho Gabriel, pelo apoio e motivação.

A todos os meus professores, por colaborarem com os meus conhecimentos.

SILVA, Emilly Santos. **Maremotriz**: a evolução da geração de energia pelas marés. 2021. 45 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Elétrica – Faculdade Unime, Salvador, 2021.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso visa à elucidação e esclarecimentos quanto à evolução da geração de energia elétrica através das marés, bem como seus meios de aproveitamento, princípio de funcionamento e a relação da maremotriz com a matriz energética. Apesar da sua semelhança com a geração hidrelétrica a maremotriz possui uma maturidade tecnológica maior comparada as outras fontes oceânicas, pois a mesma prossegue constantemente em evolução para melhorias quanto ao sua forma de aproveitamento. A importância deste estudo se deve aos desafios do setor energético mundial e ao aumento constante na demanda de energia simultaneamente, por conta da enorme preocupação com a falta de recursos para produção de combustíveis fósseis e a disponibilidade futura de energia. Portanto, por se tratar de uma forma abundante e renovável de se gerar fonte energética para a população, a energia advinda dos oceanos é de grande interesse de pesquisa para a modernidade. Por fim, obteve-se o levantamento da matriz energética brasileira e mundial, onde foi analisada a relação da maremotriz com a matriz energética, por meio de uma revisão bibliográfica e uma fundamentação teórica sobre o assunto, possibilitando esclarecer que a energia advinda dos oceanos pode ser uma alternativa com resultados positivos na costa brasileira.

Palavras-chave: Maremotriz. Energia. Fontes renováveis. Energia das marés. Eletromaremotriz.

SILVA, Emilly Santos. **Maremotriz**: a evolução da geração de energia pelas marés. 2021. 45 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Elétrica – Faculdade Unime, Salvador, 2021.

ABSTRACT

This course conclusion work aims to elucidate and clarify the evolution of electric energy generation through the tides, as well as its means of use, operating principle and the relationship between the tidal wave and the energy matrix. Despite its similarity to hydroelectric generation, the tidal wave has a greater technological maturity compared to other oceanic sources, as it is constantly evolving towards improvements in terms of its use. The importance of the study is due to the challenges of the global energy sector and the constant increase in energy demand simultaneously, due to the enormous concern with the lack of resources for the production of fossils and the future availability of energy. Therefore, since it is an abundant and renewable way to generate energy source for a population, the energy coming from the oceans is of great research interest for modernity. Finally, a survey of the Brazilian and world energy matrix was obtained, which was analyzed in relation to the tidal wave with the energy matrix, through a literature review and a theoretical foundation on the subject, making it possible to clarify that energy from the oceans can be an alternative with positive results on the Brazilian coast.

Keywords: Tidal wave. Energy. Renew able sources. Tidal energy. Electrotidal.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Fontes renováveis de gerar energia	17
Figura 02 – Modelo esquemático de uma turbina Kaplan	19
Figura 03 – Modelo de turbina Straflo	20
Figura 04 – Modelo esquemático de uma turbina Bulbo	21
Figura 05 – Turbina 02	22
Figura 06 – Usina de La Rance	23
Figura 07 – Barragem de Bacanga.....	24
Figura 08 – Usinas de ondas no Ceará	25
Figura 09 – Períodos Lunares	26
Figura 10 – Formas de aproveitamento das marés	30
Figura 11 – Esquemático de uma usina maremotriz	30
Figura 12 – Locais com alturas de marés superiores a 5 metros	32
Figura 13 – Matriz elétrica brasileira.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós Graduação de Engenharia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IEA	International Energy Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
ONU	Organização das Nações Unidas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. HISTÓRICO DA MAREMOTRIZ.....	16
2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	16
2.2 A MAREMOTRIZ.....	18
2.2.1 Turbinas utilizadas nas usinas maremotrizes.....	19
2.2.2 Turbina tipo Kaplan	19
2.2.3 Turbina tipo Straflo	20
2.2.4 Turbina tipo Bulpo	21
2.2.5 A turbina mais poderosa do mundo	21
2.3 PRIMEIRA USINA MAREMOTRIZ NO MUNDO.....	22
2.3.1 Usina de Annapolis Royal.....	23
2.3.2 Usina de Sihwa lake.....	24
2.3.3 Primeiro projeto de gerar energia pelas marés no Brasil.....	24
2.3.4 Usina Porto do Pécem	25
2.4 OS FENÔMENOS ASSOCIADOS ÀS MARÉS	26
3. ASPECTOS DA GERAÇÃO MAREMOTRIZ	28
3.1 ENERGIA DAS ONDAS	28
3.2 AS MARÉS	28
3.3 MODOS DE APROVEITAMENTO DA MAREMOTRIZ	29
3.4 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA USINA MAREMOTRIZ	29
3.4.1 Impactos ambientais	31
3.5 POSSÍVEIS LOCAIS PARA APROVEITAMENTO DA MAREMOTRIZ	31
4. RELAÇÃO DA MAREMOTRIZ COM A MATRIZ ENERGÉTICA	34
4.1 CONTEXTO ENERGÉTICO MUNDIAL	35
4.1.1 Panorama elétrico mundial.....	36
4.2 CONTEXTO ENERGÉTICO BRASILEIRO	36
4.2.1 Panorama elétrico do Brasil	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Considerando os avanços tecnológicos e o aumento da preocupação em garantir que no futuro a frente demanda possua eletricidade suficiente para atender a sociedade, bem como evitar emissões de gases efeito estufa na geração elétrica, as perspectivas das matrizes energéticas do mundo se voltaram para as fontes renováveis e a energia que advém dos oceanos se encaixa consideravelmente neste contexto, pois a mesma é uma fonte limpa proveniente de recursos naturais e que possui um potencial energético significativamente elevado, uma vez que maior parte da água no planeta Terra está concentrada em oceanos.

A energia das marés, também conhecida como energia maremotriz, é uma fonte alternativa, limpa e renovável, sendo uma fonte energética que não contribui para o aquecimento global, mas que ainda é pouco explorada no mundo. Ela é uma das formas oceânicas de se obter energia, onde o seu desenvolvimento se dá por meio do aproveitamento do potencial energético do desnível das marés, que deve ser em média de 5 metros. Um dos meios significativos mais comuns para que essa energia seja revertida em eletricidade, é a partir da construção de barragens, as quais permitem a entrada e saída de água.

A importância desta monografia se deve ao crescente aumento do consumo de energia, o qual gera a preocupação acerca da escassez de recursos para produção de energia futura, bem como, pelo fato benéfico do Brasil possuir uma enorme faixa costeira com boas condições de marés, possibilitando a expansão da maremotriz na região nacional, onde a mesma é considerada uma forma inovadora de gerar eletricidade capaz de atender as necessidades populacionais, fazendo isso sem afetar negativamente o meio ambiente e a matriz energética.

Tendo em vista que a maremotriz é uma fonte energética renovável pouco aplicada no Brasil, existindo apenas uma usina que utiliza o movimento das marés para produzir energia elétrica instalada na América Latina, a qual fica localizada no porto do Pecém, no Ceará, observou-se que com os avanços tecnológicos como, por exemplo, a utilização de turbinas de baixa queda e a evolução das mesmas, bem como o surgimento da usina mais potente do mundo nomeada como "02", localizada na Escócia, aumentou a possibilidade do aproveitamento deste meio energético no Brasil.

Nos últimos três anos as fontes renováveis de energia atingiram 46,1% de demanda no Brasil. Desta forma, considerando o aumento da produção de energia limpa no Brasil, surge o questionamento: como a geração de energia maremotriz pode impactar a matriz energética nacional?

O principal objetivo do presente trabalho é expor a importância da exploração de energia pelas marés para a matriz energética do Brasil e os possíveis ganhos de sua expansão. E com os objetivos específicos, analisar a evolução da maremotriz, evidenciando os modos de aproveitamento, realizar levantamento sobre seu princípio de funcionamento e atuação, além de abordar as formas de exploração da maremotriz e sua relação com a matriz energética.

A pesquisa desenvolvida neste trabalho foi um levantamento bibliográfico por meio de artigos científicos, livros e dissertações para a coleta de dados referentes à maremotriz, os quais foram selecionados através de pesquisas em sites de base de dados, como no banco de dados online da Biblioteca Científica Eletrônica Online (SCIELO), no site da Agência Nacional de energia Elétrica (ANEEL), em livros, artigos, notícias e publicações. Os artigos pesquisados foram os trabalhos publicados no período de 21 anos (2000 a 2021), com análises em notícias relacionadas no desenvolvimento de fontes energias limpas, obtendo acesso às obras de alguns autores referente à maremotriz como, por exemplo: livro de Energia Renovável de Mauricio Tolmasquim, dissertação sobre o Aproveitamento da Energia das Marés de Rafael Ferreira, obra do Grupo de Estudo de Produção Térmica referente à Planta Piloto Maremotriz do Bacanga, entre outras obras de autores citados no decorrer do presente trabalho. As palavras-chaves utilizadas na busca foram: maremotriz, energia, fontes renováveis, energia das marés e eletromaremotriz.

2. HISTÓRICO DA MATEMATIZ

A prosperidade humana sempre esteve profundamente conectada à capacidade de capturar, coletar e aproveitar a energia. Ao longo da história da humanidade, o uso de energia tem sido cada vez mais presente e essencial na vida de todos. Nos primórdios dos tempos, a primeira civilização tinha disponibilidade reduzida de energia, pois até o período da Revolução Industrial utilizavam-se as fontes primárias de energia, sendo a tração humana ou animal e biomassas para realização de atividades como irrigação, transporte de grãos, moagem e o cultivo da terra (FERREIRA, 2007).

A utilização de energia elétrica é um fator indispensável ao crescimento econômico de um país. Hodiernamente é impossível se imaginar o desenvolvimento humano sem um aporte adequado de energia. Muitos países têm desenvolvido estratégias para garantir quantidades suficientes de energia para a manutenção da sua economia por longo prazo (SESMIL, 2013).

Desde o desfecho do século XIX, os sistemas de energia elétrica modernos têm se desenvolvido constantemente e conquistando diferentes proporções em todo o mundo, com a finalidade de fornecer energia de forma confiável e de custo acessível conforme a infraestrutura existente para sua distribuição (MAUAD, 2017).

De acordo com Magalhães (2009), nos últimos anos os recursos tradicionais para geração de energia elétrica se tornaram escassos ou os efeitos de sua utilização estavam impactando de forma negativa o meio ambiente. A *International Energy Agency* (IEA, 2012) aponta que a era dos combustíveis fósseis está longe de se acabar, mas a sua predominância tende a declinar com o aumento da geração de eletricidade com fontes de energia limpa. É diante desta realidade de perspectiva que surge o debate quanto à possibilidade de implantação de energia considerada limpa e renovável, com baixo impacto ambiental (MARTIN, 2012).

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e o surgimento de diferentes necessidades, novas fontes de gerar energia têm sido buscadas não só para diversificar a matriz energética dos países, mas também para desenvolver

alternativas de driblar a incerteza relacionada à disponibilidade futura de energia frente à demanda (MAUAD, FERREIRA e TRINDADE, 2017).

De acordo com o levantamento realizado pelo Portal Solar (2015) a maioria das fontes alternativas de gerar energia é renovável, configurando-se como fontes limpas e renováveis todos os recursos provenientes da natureza considerados inesgotáveis e usados para a geração de energia, como por exemplo, os ventos, a luz do sol, o calor da terra, a biomassa como combustível, a água, as marés, e as ondas.

Figura 01– Fontes renováveis de gerar energia



Fonte: Verde Ghaia (2017).

Salienta-se que segundo o relatório da *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, entidade da Organização das Nações Unidas (ONU), quase a metade dos investimentos atuais em geração de eletricidade já é voltada para as fontes renováveis, e que as tecnologias renováveis podem prover 80% das necessidades de energia do planeta até a metade do século XXI (IPCC, 2012).

Conforme o mundo está evoluindo, as necessidades relacionadas aos meios de produção energética aumentam cada vez mais. A partir desses avanços em busca de novos meios de gerar energia inesgotável, e considerando a vasta modernização quanto à geração de energia limpa, a exploração da energia das

marés tem se tornado gradativamente atrativa, fazendo-se como uma proposta de novas implementações de energias limpas no setor energético (NETO, 2012).

2.2 A MAREMOTRIZ

A energia advinda das marés nada mais é do que uma fonte alternativa de gerar energia por meio dos desníveis das marés (energia potencial), e das ondas e correntes marítimas (energia cinética). Por se tratar da utilização de um fenômeno propício da natureza, a energia proveniente das marés é considerada limpa e renovável, pois sua fonte é inesgotável (FERREIRA, 2007).

De acordo com Sesmil (2013), a maremotriz tem uma ligação com alguns fenômenos importantes que colaboram com a oscilação da maré por meio da força gravitacional para poder se obter este tipo de energia, sendo esses fenômenos o sol, a terra e a lua.

Além disso, para aproveitar a energia potencial das marés, é necessário construir um sistema similar ao de usinas hidrelétricas, com barragem, eclusa e unidades que geram energia elétrica. No entanto, embora alguns estudos apontem que no futuro o custo de construções de usinas maremotrizes diminua, os custos atuais desta fonte ainda são consideravelmente pouco competitivos ao se comparar com outras fontes alternativas, como eólica e solar (NASCIMENTO, 2017).

Segundo Garcia (2019) para que o custo de implantações de usinas maremotrizes não seja elevado, opta-se por fazer a construção da mesma em obras já existentes como, por exemplo, em rodovias próximas a costeira que possua potenciais energéticos elevados, para se obter o aproveitamento desejado.

Ferreira (2007) expõe que uma das maneiras para se obter o aproveitamento energético deste tipo de energia, é construindo uma barragem em um local apropriado, após análises da região, onde são instaladas comportas e turbinas adequadas.

Vale ressaltar que o aproveitamento da energia advinda dos oceanos encontra-se madura e confiável tecnologicamente, possuindo uma série de protótipos diversificados com base nas condições específicas de cada região. Somente o aproveitamento das variações de nível da maré por meio da utilização de barragens está suficientemente desenvolvido (TOLMASQUIM, 2016).

2.2.1 Turbinas utilizadas nas usinas maremotrizes

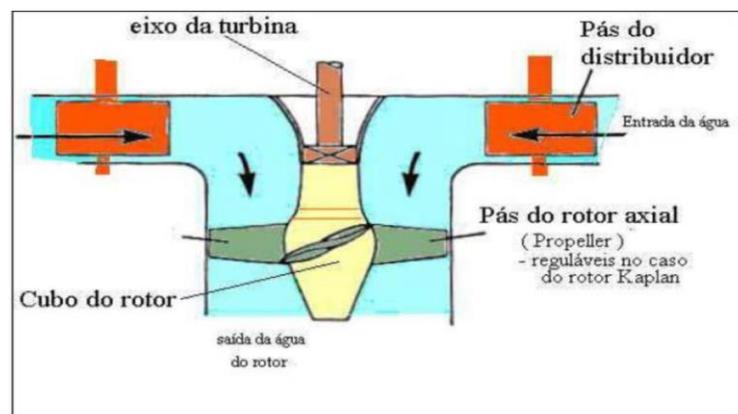
De acordo com o Portal Fontes de Energia (2008), nas usinas maremotrizes são instaladas turbinas hidráulicas que se destacam por seu vasto tamanho e baixas rotações, as quais transformam a força e a pressão da água em energia elétrica. Considerando que na água do mar existe uma grande concentração de salinidade, as usinas utilizadas devem ser de aço inoxidável.

Geralmente, as turbinas aplicadas às usinas maremotrizes, são as turbinas do modelo Kaplan, Bulbo e Straflo. Essas turbinas são consideradas como turbinas de reação tipo hélice utilizadas em fluxo axial, sendo aplicadas em situações de baixa queda ou altas vazões. A rotação ocorrente nas turbinas por conta da passagem de água nas pás move o gerador elétrico, produzindo a energia e fazendo a distribuição na rede (BOTAN, 2014).

2.2.2 Turbina tipo Kaplan

Segundo informações do Portal Energia Solar (2020) a turbina Kaplan é construtivamente hidráulica do tipo hélice axial de reação que possui grandes vazões, a qual permite a alteração do ângulo de suas pás de acordo com a vazão, sem variação significativa do rendimento. Este mecanismo fica instalado dentro de uma peça com formato de ogiva e seu comando é efetuado por meio do regulador de velocidade.

Figura 02 - Modelo esquemático de uma turbina Kaplan



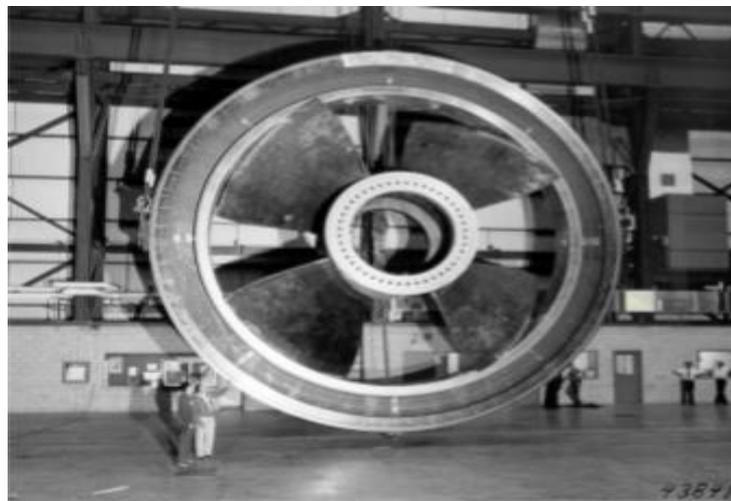
Fonte: Souza (2012).

Neste tipo de turbina o fluxo d'água segue uma direção radial por meio do distribuidor, e uma direção axial no rotor. As pás das turbinas Kaplan são de passos reguláveis, possibilitando o ajuste das mesmas no período de funcionamento, e tendo como vantagem a um rendimento maior com menos carga se comparado a outras turbinas de reação (BOTTLENDER, 2019).

2.2.3 Turbina tipo Straflo

As turbinas Straflo são turbinas games conhecida como axial, a qual se baseia na fluidez das partículas geradas pelas hélices projetando-as ao eixo. Para este tipo de turbinas utiliza-se o indutor por meio do alternador, onde o anel nas pontas da hélice pode ter o mesmo princípio da turbina Kaplan (funcionando com baixa pressão de água, usando a potência do eixo a força axial), (BOTAN, 2014).

Figura 03 – Modelo de turbina Straflo



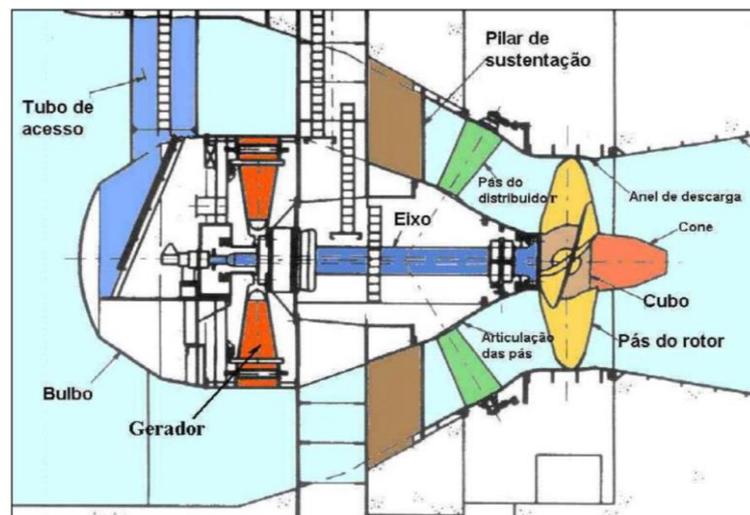
Fonte: Andritz (2010).

Comparado a outras turbinas existentes no mercado, uma das vantagens da turbina Straflo é que não há a necessidade de ter um gerador no interior de um bulbo (fundo inferior da turbina), ou seja, esse critério evita a ocorrência de problemas quanto à limitação das dimensões e de resfriamento do gerador (SOARES JÚNIOR, 2014).

2.2.4 Turbina tipo Bulbo

A turbina Bulbo é consideravelmente uma turbina de reação, na qual o rotor possui pás possíveis de orientações, possuindo uma espécie de bulbo inserido no tubo adutor de água, onde o fluxo d'água penetra de forma axial rotor e no distribuidor (NBR 6445, 2016).

Figura 04 - Modelo esquemático de uma turbina Bulbo



Fonte: Souza (2012).

Na região do Bulbo da turbina existe uma câmara blindada para efetuar a proteção do gerador, onde possui um sistema de transmissão por engrenagens com o objetivo de transmitir o deslocamento do eixo da hélice ao alternador. Este tipo de turbina absorve uma descarga maior que a Kaplan, resultando em uma potência mais elevada a plena carga (BOTAN, 2014).

2.2.5 A turbina mais poderosa do mundo

Segundo informações obtidas pela Enercons (2021), a turbina conhecida como "02" foi lançada pela Orbital Marine Power da Escócia, sendo considerada a mais poderosa do mundo por ter uma capacidade de potencial energético de 2 megawatts (MW) e 680 toneladas de instalação. Este projeto começou a ser construído no segundo semestre de 2019, e encontra-se instalado nas águas das

ilhas Orkney, na Escócia e, está conectado com o Centro Europeu de Energias Marinhas (EMEC) por meio de cabos submarinos.

Este fenômeno entrou em funcionamento no ano de 2021, com o objetivo de gerar energia limpa para 2000 residências do Reino Unido. A turbina 02 foi projetada para extrair energia das marés com um custo mais barato comparado ao das instalações de barragens (MARINHO, 2021).

Figura 05 - Turbina 02



Fonte: Click Petróleo e Gás (2021).

Com aparência relativa à de um avião, a turbina 02 possui 74 metros de comprimento e duas nacelas com capacidade de geração energética equivalente a 1 megawatts (MW) cada. A mesma dispõe de lâminas de 10 metros, a qual proporciona uma extremidade de mais de 600 metros varridos para que a turbina capture energia tranquilamente (ENERCONS, 2021).

De acordo com a Agência EFE (2021) a turbina transfere eletricidade para o fundo do mar por meio de um cabo dinâmico, juntamente com um cabo estático para a rede elétrica local em terra, podendo proporcionar o benefício energético à sociedade.

2.3 PRIMEIRA USINA MAREMOTRIZ NO MUNDO

O primeiro projeto de uma grande usina maremotriz a existir no mundo, foi construída em 1966 em La Rance na França para uso comercial. A mesma fica

localizada na região da Bretanha, e possui o seu aproveitamento energético a partir do potencial do estuário do rio Rance (GARCIA, 2019).

Figura 06 - Usina de La Rance



Fonte: Revista de Ciências, Rodrigo Silva, (2012)

O estuário do rio tem cerca de 750 metros de largura no ponto escolhido para construção da barragem, possuindo uma casa de força com 24 geradores de potências unitárias equivalentes a 10 megawatts (MW). Sua potência nominal é de 240 megawatts (MW) com a altura das marés podendo chegar até 13,5 metros. Em aproveitamento de diluir custos com implantação, foi construída uma estrada sob a barragem que liga a cidade de Dinard e Saint-melo (FERREIRA, 2007), surgindo assim à primeira usina maremotriz no mundo.

2.3.1 Usina de Annapolis Royal

De acordo com Nascimento (2017), outro projeto significativamente importante para geração de energia maremotriz encontra-se no Canadá, na Baía de Fundy, desde 1984. A mesma foi construída utilizando-se uma barragem já existente no rio Annapolis.

Na usina de Annapolis são utilizadas turbinas de baixa queda do modelo Straflo, a qual possui a capacidade limitada de geração equivalente a 20 megawatts (MW), sendo inferior se comparando a usina de La Rance (GARCIA, 2019).

A variação de maré nessa região pode alcançar 17 metros, sendo consideravelmente a baía com maior amplitude de maré no mundo, razão pela qual se despertou interesse para o aproveitamento deste potencial energético nesta região. Considerando algumas questões ambientais, o nível do reservatório deve ser mantido a níveis abaixo do que foi inicialmente planejado (FERREIRA, 2007).

2.3.2 Usina de Sihwa Lake

A usina do lago Sihwa, é considerada a maior usina de maremotriz do mundo, a mesma fica localizada na Coreia do Sul e entrou em operação em 2011. Esta usina utiliza uma barragem existente com o intuito de desenvolver áreas industriais e agrícolas, possuindo uma capacidade de 254 megawatts (MW), superando a usina de La Rance, na França (FLEMING, 2012).

2.3.3 Primeiro projeto de gerar energia pelas marés no Brasil

Motivada pelo sucesso da usina La Rance, surge a barragem do Bacanga que faz a ligação entre São Luís e o Porto do Itaqui, localizada no Maranhão, onde teve suas obras de construção concluídas por meados do século XX. O cenário físico construído induziu as autoridades da época a iniciar os estudos de exploração da energia produzida pela oscilação das marés (TOLMASQUIM, 2016).

Figura 07 - Barragem de Bacanga



Fonte: Fabio Roques (2016).

O conceito de implementar o projeto de maremotriz para esta região foi retomado na década de 80, com base nos estudos realizados pela Eletrobrás acerca de determinar os potenciais da geração de energia proveniente das águas na costa do Maranhão (LIMA, *et al.*, 2005).

2.3.4 Usina Porto do Pécem - Ceará

No Ceará em 2012, foi instalada uma usina de ondas, localizada no Porto do Pécem, no município de São Gonçalo do Amarante. Este projeto nasceu a partir de uma parceria dos pesquisadores da Coordenação dos Programas de Pós Graduação de Engenharia (COPPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O mesmo é financiado pela Tractebel Energia a partir do programa P&D da Agência Nacional de Energia Elétrica e teve apoio do Governo do Estado de Ceará (GUERRA, 2019).

Figura 08 - Usina de Ondas no Ceará



Fonte: Pensamento Verde (2014).

A usina do porto do Pécem foi construída em módulos formados por flutuadores, um braço mecânico e uma bomba conectada a um circuito de água doce. O seu funcionamento se dá por meio de um sistema de pressão para movimentar a turbina e o gerador a partir dos movimentos das ondas, fazendo com que os flutuadores subam e desçam, acionando as bombas hidráulicas (SILVA, 2018) sendo essa, uma implementação muito útil para beneficiar o setor energético do Ceará.

2.4 OS FENÔMENOS ASSOCIADOS ÀS MARÉS

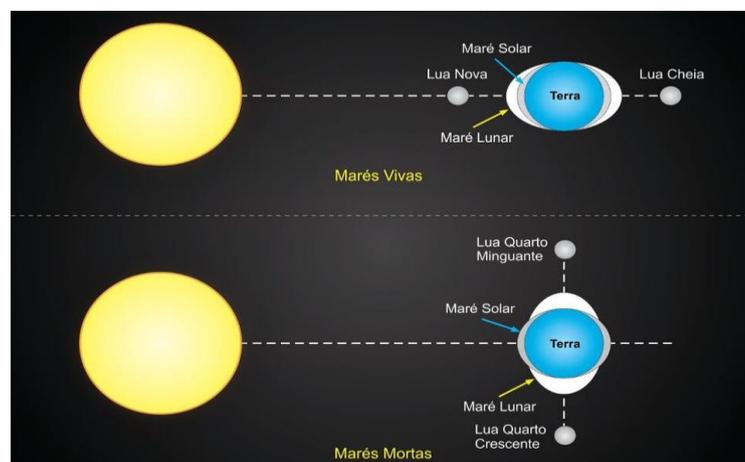
Diariamente os níveis dos mares se alteram, principalmente como consequência do fenômeno das marés. A maior parte dos recursos fornecidos para a geração deste tipo de energia é originada a partir da energia do sol, havendo concentração dessa fonte nos processos de formação dos ventos, ondas, correntes e do ciclo hidrológico (FERREIRA, 2007).

Segundo MME (2007), as marés são resultado da combinação de forças produzidas pela atração do Sol e da Lua e pelo movimento de rotação da Terra, os quais levam à subida e descida da água dos oceanos e mares, ou seja, as forças advindas das marés são causadas com base no vínculo gravitacional da lua, do sol e a rotação da Terra, baseando-se na recuperação da energia cinética da Terra.

As reações meteorológicas que intervêm na variação dos desníveis do mar compõem o acúmulo das massas de água causada por variação de pressão atmosférica ou por ação dos ventos e das ondas (VALENTINI, 2003). As ondas do mar são formadas pela ocorrência dos ventos ao longo da superfície oceânica, ocasionados pela diferença de temperatura do ar, deste modo, considera-se que a energia das marés advém da energia solar (GARCIA, 2019).

A amplitude da maré muda com o tempo em função da frequência e devida potência dos fenômenos envolvidos. O efeito gravitacional nas marés causado pela lua é considerado maior do que o efeito provocado pelo sol, pois, mesmo com a massa menor a lua se encontra bem mais próxima da Terra do que o sol (NETO, 2012).

Figura 09 – Períodos Lunares



Fonte: EPE(2016).

As menores amplitudes das marés ocorrem nas luas crescentes e minguantes, já as maiores amplitudes ocorrem em períodos de lua cheia e lua nova, devido à posição do sistema Terra, lua e sol que se alinham, somando-se as forças gravitacionais do sol e da lua nos oceanos (GARCIA, 2019). Deste modo, faz-se necessário ressaltar a importante colaboração destes fenômenos para o desenvolvimento da energia que advém das marés.

3. ASPECTOS DA GERAÇÃO MAREMOTRIZ

3.1 ENERGIA DAS ONDAS

O oceano apresenta uma grande importância na sociedade, principalmente para a geração de energia renovável, a qual apresenta uma importante força motriz, como por exemplo, a energia de ondas. Por se tratar de uma energia de fonte renovável, em geral esse esquema de conversão de energia das ondas possui poucas desvantagens, uma vez que não agride ao meio ambiente (ARAGÃO, 2019).

A energia das ondas é derivada a partir da transferência da energia cinética dos ventos à superfície do oceano, onde o quantitativo de energia formada depende da transferência recebida. A quantidade de energia produzida vem sendo estudada desde o meado dos anos 70, num conjunto de países com potencial a explorar e estudar este tipo de energia, tal como o Reino Unido e os Estados Unidos (TOLMASQUIM, 2016).

3.2 AS MARÉS

É possível imaginar que com a devastada área oceânica do planeta terra, existem variados tipos de marés, tais como: maré alta (preamar: nível máximo de uma maré cheia), maré baixa (baixa-mar: nível mínimo de uma maré baixa), maré vazante (nível da maré secando), maré enchente (nível da maré enchendo), maré de sizígia (maior amplitude de maré, ocorre na lua nova e na lua cheia), maré de quadratura (menor amplitude de maré, ocorre na lua crescente e minguante) (NETO, 2012).

As marés são consideradas como ondas caracterizadas pelas oscilações rítmicas do nível do oceano, sendo este movimento originado pela combinação gravitacional do sol e da lua, além de outros fenômenos naturais que colaboram com os movimentos marítimos (FLEMING, 2012).

Segundo Ferreira (2007) considera-se que as marés dependem da localização da Lua em relação ao planeta Terra, ou seja, com a ocorrência constante do movimento de rotação da terra, a qual a metade de sua superfície fica voltada

para a Lua, o poder de atração gravitacional é considerado maior nessas regiões, e as marés são altas. Já nas áreas opostas do globo, as marés estarão baixas.

O mar compõe uma fonte energética consideravelmente promissora, a qual este tipo de fonte não é recente, tendo sua exploração há bastante tempo com a utilização de moinhos movidos pelas marés. A energia das marés também conhecida por fazer parte da energia maremotriz trata-se de uma energia limpa e renovável, que se baseia na geração de energia por meio do movimento das marés (ARAGÃO, 2019).

3.3 MODOS DE APROVEITAMENTO DA MAREMOTRIZ

Considerando a extensão oceânica no mundo, o benefício energético existente no mesmo manifesta-se de diversificadas formas, pois por se tratar de um fenômeno natural, a força que vem das águas tem o potencial de gerar energia limpa e ilimitada. Mas para que ocorra a realização do aproveitamento das maremotrizes, passaram a utilizar um método comumente visto, sendo este a utilização de barragens nos estuário (BOTAN, 2014).

As principais plantas maremotrizes, como por exemplo, as usinas de La Rance, Annapolis Royal, e Sihwa, utilizam o princípio das barragens em estuários para geração energética por meio da oscilação do nível do mar, pois é graças às variações provocadas pelas marés, criando um desnível de água suficiente entre os lados da barragem ativando as turbinas e fazendo com que isso esse meio de gerar energia seja possível (NETO, 2012).

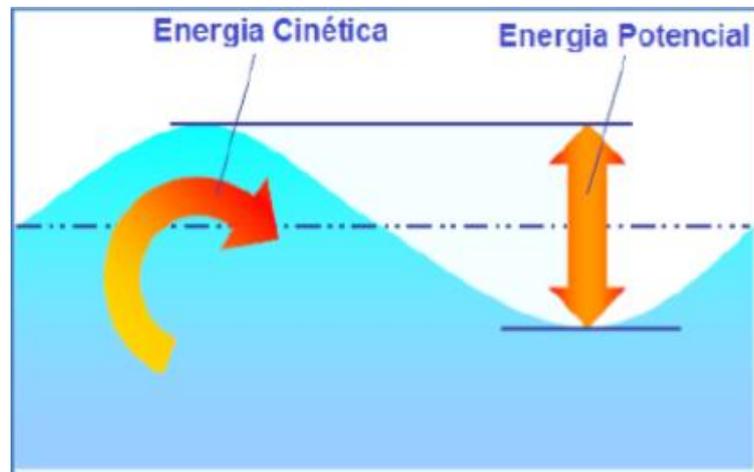
Além disso, segundo Garcia (2019) as principais formas de aproveitamento da energia potencial das marés é a partir da maré vazante e da maré enchente, bem como combinar ambas as formas de aproveitamento resultando na geração efeito-duplo.

3.4 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DA USINA MAREMOTRIZ

De acordo com Neto (2012), o funcionamento das usinas maremotrizes se dá por meio das características do fenômeno da maré a partir de suas variações, ou seja, a energia maremotriz é gerada através da transformação dos movimentos da

corrente marítima (energia cinética), ou pela diferença do nível das marés (energia potencial).

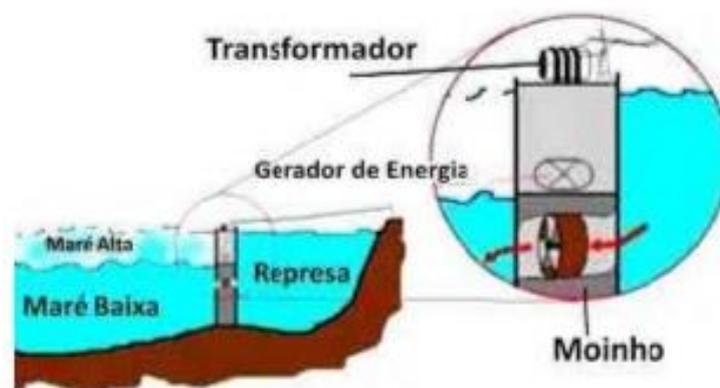
Figura 10 – Formas de aproveitamento das marés



Fonte: EPE, 2016.

Nesta forma limpa de gerar energia, o seu nascer se dá por meio do armazenamento de água no reservatório durante a maré alta, e na ocorrência da maré vazante, as turbinas entram em funcionamento. Este processo permanece até o determinado momento em que a altura da queda d'água se torne mínima possível para geração de energia, ou seja, no momento em que a maré enchente entra em ação as comportas do enchimento do reservatório são fechadas bloqueando a passagem da água através das turbinas (GARCIA, 2019).

Figura 11 - Esquemático de uma usina maremotriz



Fonte: Batalha (2014)

A geração desse tipo de energia é possível por conta das barragens instaladas em locais consideravelmente adequados, juntamente com a oscilação das marés devido à força gravitacional produzida pela Lua e pelo Sol na Terra. Dessa forma, o nível do oceano varia constantemente fazendo com que esse movimento seja aproveitado para gerar energia elétrica (NETO, 2012).

3.4.1 Impactos Ambientais

Ao se imaginar a geração de energia elétrica por meio das águas, é comum se pensar nas usinas hidrelétricas, as quais representam cerca de 90% da matriz energética brasileira produzida por fontes alternativamente limpas. No entanto, o oceano possui diversificadas formas de aproveitamento energético, bem como pela maremotriz (LIMA, et al., 2005).

Conforme exposto por Martín (2012), a exploração da energia das marés, não produz poluição direta ao meio-ambiente, por se tratar de uma fonte significativamente limpa proveniente de recursos naturais. No entanto, para funcionalidade da geração energética por meio desta tecnologia, é necessário que se construa estuários com possíveis cuidados quanto a sua instalação que pode afetar o ecossistema e causar alterações nas características naturais do local.

Entretanto, essas modificações variam de acordo com o local. Deste modo, faz-se necessário destacar que as explorações da geração de energia pelas marés por meio de profundos estudos podem englobar os impactos ambientais e sociais na região (NETO, et al., 2011).

3.5 POSSÍVEIS LOCAIS PARA O APROVEITAMENTO DA MAREMOTRIZ

Considerando o tamanho da costa Brasileira onde os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície terrestre, considera-se que a maremotriz é uma fonte relativamente inesgotável e atrativa no ponto de vista ambiental, uma vez que essa fonte é advinda de um fenômeno natural (EPE, 2016).

Atualmente, o aproveitamento do fenômeno das marés possui pouca influência na matriz energética do Brasil. De acordo com Garcia (2019), para se obter um sucesso relativamente significativo com a geração de energia por meio de

usinas maremotrizes as regiões de instalação para o aproveitamento, devem possuir marés que ultrapassem 6 metros.

Apesar de serem necessárias altas amplitudes das marés para possibilitar o aproveitamento, houve considerável aumento das regiões capazes de geração maremotriz graças ao surgimento das turbinas de baixa queda, ou seja, a implementação pode ocorrer quando há uma boa variação de marés, como na costa norte do Brasil, onde, segundo relatórios emitidos pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, o mar varia de cinco a oito metros de altura entre a maré baixa e alta (FERREIRA, 2007).

Conforme exposto por Garcia (2019), o Brasil é um país verdadeiramente beneficiado por possuir uma imensa faixa costeira e boas condições de marés, principalmente no Nordeste, podendo a maremotriz se tornar uma sublime possibilidade de melhorias da matriz energética brasileira.

Figura 12 - Locais com alturas de marés superiores a 5 metros



Fonte: ResearchGate (2017).

De acordo com Santos e Moreira (2015), os locais a serem explorados devem possuir potenciais significativos para este meio de geração energética como, por exemplo, no Maranhão, onde possui condições favoráveis com marés relativamente grandes, chegando a cerca de 6 metros de amplitude.

As principais regiões com potenciais que possibilitam a implementação desta tecnologia inovadora para geração de energia elétrica no Brasil é no Norte e no Nordeste, sendo estes potenciais concentrados no Amapá, Pará, Ceará, Rio de Janeiro e no Maranhão, onde as marés ultrapassam 6 metros de altura (GARCIA, 2019).

Os consideráveis avanços dos equipamentos eletromecânicos usados para conversão de energia das marés, foi um dos importantes fatores responsável por impulsionar a exploração da maremotriz, facilitando as possibilidades de estudos para implementação novos projetos favoráveis energeticamente nas costeiras do mundo (NETO, et al., 2011).

4. RELAÇÃO DA MAREMOTRIZ COM A MATRIZ ENERGÉTICA

Segundo Magalhães (2009) a partir da segunda metade do século XX, especificamente no período da revolução industrial, ocorreu a introdução da energia elétrica como força motriz das máquinas, sendo este um dos motivos pelo crescimento da dependência deste importante insumo.

O motivo pelo qual houve a necessidade da modificação da matriz energética mundial para os combustíveis fósseis foi o desenvolvimento de motores a combustão interna, para substituir a mão-de-obra humana, ou seja, os combustíveis fósseis se estabeleceram como principal fonte energética por conta da inclusão da máquina a vapor na produção industrial, bem como nos transportes marítimos e terrestres, de curtas e longas distâncias (SESMIL, 2013).

A crescente demanda por energia associada ao curto horizonte dos combustíveis fósseis, bem como os aspectos ambientais relacionados ao consumo destes, tem desafiado o setor energético mundial a buscar novas fontes energéticas, sendo algumas destas bastante promissoras e relativamente recentes (NETO et al, 2011).

Neste sentido, o desenvolvimento de novas fontes energéticas torna-se importantes para a diversificação da matriz energética mundial e a diminuição dos impactos ambientais globais (FERREIRA, 2007).

Reis e Silveira (2000) expõem alguns pontos estratégicos na busca por soluções energéticas dentro do contexto de sustentabilidade, como introdução de tecnologias de energia renováveis em detrimento do consumo de combustíveis fósseis, aumento da eficiência energética, aumento da eficiência na produção industrial e transportes para minimizar o consumo de energia.

De acordo com Mauad, Ferreira e Trindade (2017) o Brasil dispõe de uma matriz energética composta por aproximadamente 75% de energias renováveis, o que tem sido ocasionado por contínuo desenvolvimento das gerações de energia eólica, fotovoltaica e biomassa. Deste modo, a socialização do acesso à energia elétrica e a variação da matriz energética podem ser alcançadas por meio da aplicação de tecnologias de energias de fontes renováveis (FERREIRA, 2007).

Com base nas informações do Conselho Mundial de Energia (WEC, 2010), as marés, ondas e correntes marinhas são recursos renováveis onde o aproveitamento

para a geração de alternativas energéticas registra significativos avanços tecnológicos. Deste modo, o aproveitamento do considerável potencial energético dos oceanos configura-se, atualmente, como uma possibilidade esperançosa para produzir energia limpa e sem impactos ao meio-ambiente.

4.1 CONTEXTO ENERGÉTICO MUNDIAL

Antigamente, no período pré-industrial as necessidades por energia eram basicamente supridas pela força humana e animal, bem como pela obtenção de calor através da combustão de madeira. A demanda energética mundial, tem crescido constantemente, principalmente, devido ao frequente consumo de eletrônicos, bem como a ligação com o desenvolvimento das sociedades industriais modernas e a expansão da distribuição de eletricidade em países desenvolvidos (NETO, 2012).

Borba e Gaspar (2010) aludem que com a ocorrência da Revolução Industrial resultou-se em grande aumento do consumo energético mundial, onde a mesma foi impulsionada a partir dos avanços tecnológicos e com a descoberta do carvão, possibilitando a utilização do seu aproveitamento em grande escala.

Nos tempos atuais, para geração de eletricidade ainda se utilizada grande parcela dos combustíveis fósseis. Além disso, as principais fontes primárias que compõem a matriz energética mundial são o carvão mineral e o petróleo. A utilização de combustíveis fósseis tem impacto negativo no meio ambiente, principalmente, com a emissão de gases poluentes, sendo necessária a substituição por energias de fontes renováveis consideravelmente limpas (SANTOS; MOREIRA, 2015).

Segundo Tolmasquim (2016) ao final dos anos de 2014, a capacidade energética aplicada em projetos caracterizados como energia das marés era de mais ou menos 534 megawatts (MW), sendo esta potência concentrada no projeto de geração oceânica de La Rance na França (240 megawatts - MW) e no projeto do lago Sihwa Lake, localizada na Coreia do Sul.

4.1.1 Panorama elétrico Mundial

A cada dia cresce a relevância por estudos relacionados à geração de energia elétrica, com o intuito de aproveitar corretamente os recursos disponíveis, visando não prejudicar a sustentabilidade, o meio ambiente e a economia (MORAIS, 2015).

Segundo Ferreira (2007) a construção de moinhos na época do expansionismo romano já eram utilizados para obter o aproveitamento de energia mecânica proporcionado pelo fenômeno das marés, onde as águas eram represadas durante a enchente e liberadas na vazante, movimentando as rodas d'água.

No entanto, o aproveitamento das marés para obtenção de energia elétrica só se iniciou na contemporaneidade, compondo-se de uma fonte renovável relativamente recente e inovadora. A geração de energia por hidrelétricas é considerada como a principal fonte geradora de eletricidade para mais de 30 países, representando cerca de 20% de energia elétrica produzida no mundo (GARCIA, 2019).

De acordo com Tolmasquim (2016) devido ao sucesso da usina de La Rance, foram desenvolvidos estudos para implantação de outros projetos maremotrizes no mundo. Vale ressaltar que mesmo apresentando um potencial energético elevado, a visibilidade da fonte oceânica na matriz energética mundial é difícil.

4.2 CONTEXTO ENERGÉTICO BRASILEIRO

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFRA) foi desenvolvido em 2004 com responsabilidade da Eletrobrás, sendo uma das iniciativas do Governo Federal para fortalecer o incentivo à geração de eletricidade por meio de fontes renováveis. O objetivo deste programa era procurar alternativas para elevar a segurança no fornecimento de energia elétrica, bem como, permitir o reconhecimento das características e potenciais regionais locais (SINZATO, 2015).

Além disto, outra importante ação do governo foi o Plano Nacional de Energia – PNE 2030 cujos estudos foram dirigidos pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE para o Ministério de Minas e Energia – MME, produzindo variados estudos de

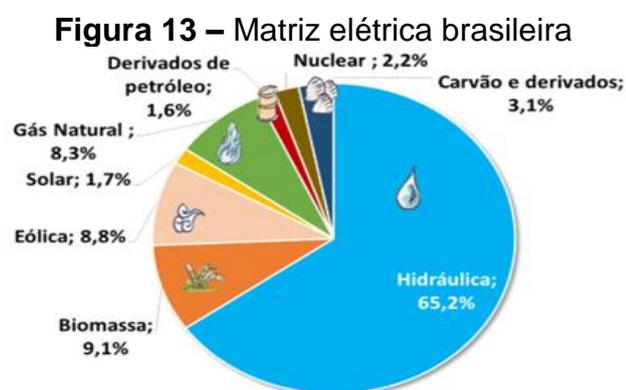
planejamento visando à definição de estratégias de amplificação da proposta de energia de forma econômica e sustentável (NETO, 2012).

De acordo com Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2016) o Brasil dispõe de especiais condições de recursos energéticos renováveis e de tecnologia para transformar suas riquezas naturais em energia e dessa forma agregar valor à sua produção deste importante insumo.

Apesar do consumo de energia de fontes não renováveis, no Brasil utilizam-se mais fontes renováveis do que o restante do mundo. É importante ressaltar que a matriz energética do Brasil é diferentemente se comparando à mundial (EPE, 2016). Além das fontes solar e eólica, o Brasil apresenta um potencial energético bem significativo, porém, ainda não é aproveitado de forma convincente, bem como é pouco estudado (NETO, 2012).

4.2.1 Panorama elétrico do Brasil

Devido à abundância em bacias hidrográficas que disponibiliza de um potencial energético significativamente limpo, o Brasil apresenta-se como um país privilegiado, pois, grande parte de sua energia (65,2%) vem sendo gerada por hidrelétricas. Grande parte da energia elétrica gerada no Brasil é obtida por meio de usinas hidrelétricas, por este fator a matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável do que a energética (SILVA, 2012). Com base no relatório da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), as fontes renováveis representam um somatório equivalente a 84,8% das fontes renováveis da matriz elétrica brasileira.



Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2021).

Até o momento, o desenvolvimento de geração oceânica no Brasil é bem restrito, possuindo poucos projetos pilotos concluído ou em processo de desenvolvimento. O projeto popularmente localizado no Brasil encontra-se instalado no porto do Pécem Ceará, sendo um conversor de ondas *on shore*, com capacidade de 100 quilowatts (kW) (TOLMASQUIM, 2016).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento histórico da maremotriz no Brasil, bem como a sua evolução e os possíveis ganhos com a sua expansão. As adversidades que se encontram no setor energético mundial põem as fontes alternativas em um marco de destaque, uma vez que a maior parte destas fontes na matriz energética já é considerada possível nos próximos anos. Neste sentido, os estudos relacionados à geração de energia elétrica por meio das marés, tornam-se consideravelmente atrativos em um ponto de vista estratégico, tendo em vista que a mesma afeta positivamente a matriz energética nacional, uma vez que esta forma de gerar energia não utiliza combustíveis fósseis e nem gera resíduos que possam impactar negativamente a sustentabilidade do meio ambiente.

Considerando o constante avanço na tecnologia e o grande potencial energético que os oceanos possuem, apresentaram-se as possíveis formas de exploração da maremotriz, bem como a transformação de energia potencial das marés em eletricidade, sendo consideravelmente a mais durável no mundo, por se tratar de um recurso abundante advindo da natureza. Constatou-se que a geração de energia oriunda das águas oceânicas se mostrou bastante madura e confiável com relação aos desenvolvimentos tecnológicos existentes quanto às implantações de novos protótipos, os quais variam de acordo com cada região, onde necessitam de intensivos estudos para obter o levantamento do potencial de cada costeira.

Entretanto, apesar da maremotriz ainda representar uma pequena parcela na matriz energética mundial, vale ressaltar que essa tecnologia já está sendo utilizada no mundo em diversos países, constatando que é possível a exploração deste tipo de energia.

Fica visível que a energia das marés, além de ser renovável e inesgotável é uma fonte energética que pode ser utilizada mundialmente para elevar a oferta de eletricidade e contribuir com a expansão do serviço de energia, colaborando de certo modo com o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões.

É importante salientar que o comportamento das marés necessita de alguns fatores climáticos, porém, sua dependência por recursos astronômicos é consideravelmente maior, uma vez que estes recursos (sol, lua e a rotação da Terra) contribuem com as movimentações ocorrentes nas águas oceânicas.

Nesse contexto, considerando os estudos apresentados pode-se perceber que no Brasil, a maremotriz seria uma opção de fonte alternativa viável, tendo em vista que o Norte e Nordeste do país possuem altas potencialidades para este meio de aproveitamento energético, especialmente no Maranhão e no Amapá.

Os objetivos foram apurados e acrescentados de maneira científica, fazendo-se necessário ressaltar que para obter avanços no aproveitamento deste tipo de energia, é preciso investir em pesquisas no intuito de aprofundar sobre os potenciais desta fonte, bem como aumentar as tecnologias necessárias para o devido aproveitamento da maremotriz, fazendo com que se utilizem turbinas hidrocínéticas.

Para implantação de novas usinas maremotrizes por meio de barragens e com custos mais baixos, recomenda-se que ocorram estudos na área de Engenharia Civil com o objetivo de buscarem materiais que possam baratear os custos das construções de barragens, ou associarem a construção de usinas em outros projetos já existentes, como por exemplo, ferrovias e rodovias, onde poderá se obter benefícios que diminuam o alto custo de investimento do projeto.

REFERÊNCIAS

ANNEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Projeto P&D da ANEEL promove primeira geração de energia a partir das ondas do mar**. Brasília, DF: 2012. Disponível em: tinyurl.com/a2kzt4m. Acesso em: 12 de set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6445, 2016**:Turbinas Hidráulicas, Turbinas-Bombas e Bombas de Acumulação. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8025/abnt-nbr6445-turbinas-hidraulicas-turbinas-bombas-e-bombas-de-acumulacao>. Acesso em: 12 ago. 2021.

ARAGÃO, Jessica da Silva. **Estudo do uso de energia renovável nas zonas costeiras por ondas, maré e vento**. 2019. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br>. Acesso em: 18 set. 2021.

BATALHA, Augusto. **Projeto de Energia Maremotriz**. UNIFEI, 2014. Disponível em: <http://vinyxcius.wixsite.com/energiamaremotriz/projeto>.

BORBA, Maria Cristina Vidal; GASPAR, Neide Ferreira. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. São Paulo: FAPESP, 2010.

BOTTLENDER, Pedro Henrique Melo. **Dimensionamento e prototipagem de uma turbina Kaplan**. Cachoeira do Sul, RD: 2019

BOTAN, Antonio Carlos Barkett. **Desenvolvimento de uma turbina de fluxo reversível para uso em usina maremotriz com operação em duplo efeito**. Itajubá, 2014.

BRASIL, Agência EFE. **Plataforma usa a força das marés para produzir energia limpa**. 2021. Disponível em: <https://noticias.r7.com/tecnologia-e-ciencia/fotos/plataforma-usa-a-forca-das-mares-para-produzir-energia-limpa-14082021>. Acesso em: 10 set. 2021.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia (MME). **1º Relatório de Inserção de Novas Tecnologias**. Brasília, DF: 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2021**. EPE -Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em: 18 ago. 2021.

BRASIL, Empresa de Pesquisa Energética. **Mudanças climáticas e Transição energética**. EPE -Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/clima-e-energia> . Acesso em: 16 ago. 2021.

BRASIL. Enercons. **Turbina maremotriz mais potente do mundo capaz de fornecer energia limpa a 2.000 residências do Reino Unido**. 2021. Disponível em: <https://enercons.com.br/2021/08/04/entra-em-servico-a-turbina-maremotriz-mais-potente-do-mundo-capaz-de-fornecer-energia-limpa-a-2-000-residencias-no-reino-unido/>. Acesso em: 03 set. 2021.

BRASIL, Portal Fontes de Energia. **Maremotriz**. 2008. Disponível em: <http://fontesdeenergia-2008.blogspot.com/2008/09/maremotriz.html>. Acesso em: 01 set. 2021.

BRASIL, Portal Energia Solar. **Turbina Kaplan**. 2020. Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/energia-renovavel/energia-hidraulica/turbinas-hidraulicas/kaplan>. Acesso em: 01 set. 2021.

BRASIL, Portal solar. **Fontes de energia Renováveis**. 2015. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>. Acesso em 29 ago. 2021.

FERREIRA, Rafael Malheiro da Silva do Amaral. **Aproveitamento da Energia das Marés Usina Maremotriz do Bacanga**, Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

FLEMING, Fernanda Pereira. **Avaliação do potencial de energias oceânicas no Brasil**. Rio de Janeiro, 2012.

GARCIA, Daniel de Senne. **Geração de energia Maremotriz – Panorama Mundial e Nacional/ Daniel de Senne Garcia**; orientador Frederico Fábio Mauad. São Carlos, 2019.

GUERRA, Yara. **Ceará planeja transformar onda do mar em energia**. 2019. Disponível em: <https://casa.abril.com.br/sustentabilidade/ceara-planeja-transformar-onda-do-mar-em-energia-a-partir-de-2020/>. Acesso em: 02 set. 2021.

INTERNACIONAL ENERGY AGENCY – IEA. 2012. Disponível em: <[www .iea.gov](http://www.iea.gov)>. Acesso em: 18 ago. 2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Renew able energy sources and climate change mitigation: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York: Cambridge University Press, 2012.

LIMA, Shigeaki Leite. *etal.* **Planta piloto maremotriz do Bacanga**. Curitiba: Paraná, 2005 – Grupo de Estudo de Produção Térmica e Fontes não convencionais – GPT.

MAGALHÃES, Murilo Vil. **Estudo de utilização da energia eólica como fonte geradora de energia no Brasil**. Florianópolis: 2009.

MARINHO, Flávia. **Turbina maremotriz mais poderosa do mundo**. 2021. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/turbina-maremotriz-ou-das-mares-mais-poderosa-do-mundo-esta-pronta-e-vai-revolucionar-o-mundo-da-energia-renovavel/>. Acesso em: 10 out. 2021.

MARTÍN, Jesús Javier Nevares. **Avaliação econômica dos recursos energéticos das ondas do mar**. COPPE – URFJ, Rio de Janeiro: 2012.

MAUAD, Frederico Fábio; FERREIRA, Luciana; TRINDADE, Tatiana. **Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**. São Carlos: EESC/USP, 2017.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Aproveitamento da Energia dos Oceanos para produção de eletricidade**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2017.

NETO, Pedro Bezerra Leite et al. **Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade**: aspectos básicos e principais tendências. São Luiz, MA 2011.

NETO, Pedro Bezerra Leite. **Otimização da Geração de Eletricidade a partir de Fonte maremotriz**. São Luiz, MA 2012.

REIS, Lineu Belico; Silveira, Semida. **Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável**. Edusp, São Paulo: 2000.

SANTOS, Fernanda Barbosa Silva; MOREIRA, Ícaro Thiago Andrade. **Viabilidade da maremotriz para algumas regiões litorâneas do Nordeste do Brasil**. Revista Eletrônica de Energia - UNIFACS. Salvador, BA 2015.

SESMIL, Edson Luís Fernandes. 2013. **Energia Maremotriz**: impactos ambientais e viabilidade econômica. Lavras, MG 2013

SILVA, Magno. **Fontes alternativas de energias, concebendo um produto capaz de gerar e de reduzir o consumo elétrico residencial**. 2010. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Design – Habilitação Projeto de Produto) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2010. Disponível em: http://www.bc.furb.br/docs/mo/2011/345462_1_1.pdf. Acesso em: 10 ago 2021.

SILVA, Rodrigo Guerreiro. **A geração de Energia Maremotriz e suas oportunidades no Brasil**. Campinas - Revista Ciências do Ambiente On-line/Unicamp, 2012.

SILVA, Tauane Karine Baitz. **Energia das Ondas no Brasil**; Equipe Portal Biossistemas, 2018. Disponível em: <http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=7953>. Acesso em: 26 ago. 2021.

SINSZATO, Gustavo Luiz. **Análise comparativa entre a energia das ondas no Brasil e Portugal**. Campinas, SP 2015. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2726.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

SOARES JÚNIOR, Ricardo Luiz. **Projeto conceitual de uma turbina hidráulica a ser utilizada na usina hidrelétrica externa de Henry Borden.** Rio de Janeiro, 2013.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável:** Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. – EPE: Rio de Janeiro, 2016.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. GUERREIRO, Amilcar; GORINI, Ricardo. **Matriz energética brasileira:** uma prospectiva. – EPE: Rio de Janeiro, 2007. Disponível: <https://www.scielo.br/j/nec/a/HHYKXDgchzv4n4gNfRhqnwK/?lang=pt#>. Acesso em: 22 ago. 2021.

VALENTINI, E. M. Hidráulica II, **Notas de aula do Deptº de Recursos Hídricos e Meio Ambiente/ UFRJ.** Rio de Janeiro, 2003.

WEC, 2010 - Conselho Mundial de Energia. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/>. Acesso em: 10 ago. 2021.