



ENERGIA DE MAREMOTRIZ: ESTUDO DE CASO NO MARANHÃO

KASSIO LUCAS DO NASCIMENTO AMAURO; MARIA CLÁUDIA COSTA DE OLIVEIRA BOTAN; ANDREA CRESSONI DE CONTI

RESUMO

A crescente demanda por energia, instigada pelo desenvolvimento tecnológico, e os problemas de emissões de gases poluentes na atmosfera associado ao uso de combustíveis fósseis, como os óxidos de carbono, trouxeram à tona a necessidade de incorporar fontes renováveis na matriz energética de forma consciente recorrendo a projetos que não destruam o meio ambiente, visando atender tanto às necessidades energéticas quanto às preocupações ambientais. Nesse contexto de urgência e inovação, a energia maremotriz, instalada em regiões de estuários ou baías, se destaca como uma fonte alternativa promissora de baixo impacto ambiental, com emissão nula de gases de efeito estufa, geração intermitente e com alto potencial de geração no Brasil. No entanto, essa fonte ainda é subaproveitada devido à falta de políticas públicas direcionadas a estes projetos e de investimentos governamentais que promovam sua integração à matriz energética nacional. Apesar disso, alguns estudos têm estimado o potencial energético de regiões estuarinas, divulgando dados promissores sobre locais ao longo do litoral brasileiro. O objetivo deste trabalho é não só investigar o potencial energético dessas regiões estuarinas, especificamente na região do Maranhão avaliando sua viabilidade para a instalação de pequenas usinas maremotrizes, mas também compreender enclaves jurídicos que a energia de maremotriz se encontra no Brasil. Além disso, busca-se analisar os desafios enfrentados por essa tecnologia e identificar os fatores que influenciam sua implementação, de modo a contribuir para a promoção dessa fonte renovável no país.

Palavras-chave: Energia de Maremotriz; Matriz Energética; Viabilidade de Instalação; Regiões estuária, Pequenas Centrais de Maremotriz

1 INTRODUÇÃO

O exponencial crescimento populacional nos últimos anos, criou uma alta demanda de energia para manutenção de uma melhor qualidade de vida, o que aumenta significativamente a utilização de recursos naturais para a manutenção da vida dos seres humanos (Miller e Spoolman, 2012). Especialmente no caso da energia elétrica, que independente do seu uso seja ele: Residencial, Industrial, Rural ou Estatal tem tido um potencial crescimento, na finalidade de suprir as demandas da população mundial (Hinrichs et al., 2010).

Quando o consumo energético supera a produção, surgem déficits que podem desencadear crises globais, impactando diversos setores da sociedade. Essas crises evidenciam a necessidade de diversificar a matriz energética mundial com a inclusão de fontes renováveis que sejam não apenas altamente eficientes, mas também apresentem um bom custo-benefício (Hinrichs et al., 2010).

Apesar do carvão ser um dos combustíveis mais utilizados, o petróleo consolidou o mercado global que conhecemos, seu alto poder calorífico permitiu produção em larga escala integralizando suas linhas de produção. O baixo custo do petróleo com seu alto poder de geração de energia fomentou o desenvolvimento de vários setores da indústria como a automobilística,

têxtil etc. conseqüentemente a alta produção gerou o aumento significativo de empregos que possibilitou o acesso aos produtos produzidos, gerando uma poderosa rede de distribuição e comercialização (Carvalho, 2008).

Esse sistema industrial consagrou o automóvel como sinônimo de alto status social, e formatou o sistema de transportes que conhecemos o que transformou o setor de combustíveis automobilísticos uma potência em ascensão, a qual passou ter grande parcela no PIB mundial (Carvalho, 2008).

As dimensões continentais da faixa litorânea Brasileira e as diversas ramificações fluviais presente pelo país, torna promissor para geração de energia elétrica através da hidrocínética. Cerca de 20 % da eletricidade do mundo é proveniente das hidroelétricas nessa fonte, a energia é obtida por meio do represamento das águas do rio em barragens que direcionam o fluxo fluvial para as turbinas. No âmbito nacional a matriz elétrica compõe cerca de 92 % de origem hídrica (Densis, 1995 apud De Lima, Shigeaki Leite et al 2018).

Nesse cenário, a energia maremotriz se apresenta como uma alternativa promissora e sustentável para a geração de energia, oferecendo diversos benefícios à sociedade e ao meio ambiente. Com o aprimoramento da tecnologia e a superação dos desafios, essa fonte de energia renovável tem tudo para desempenhar um papel fundamental na construção de um futuro mais verde e sustentável. (Elliot, 2004).

A energia maremotriz é gerada a partir dos movimentos das marés oceânicas, onde a energia cinética resultante é convertida em energia elétrica. Existem dois principais métodos para seu desenvolvimento: a construção de barragens que aproveitam a oscilação das marés alta e baixa, e a instalação de turbinas submersas que utilizam a força das correntes marítimas. O litoral brasileiro oferece um potencial energético significativo para a exploração dessa fonte, o que a torna promissora no contexto das energias renováveis.

Apesar desse potencial, a energia maremotriz é praticamente inexplorada no Brasil. A ausência de políticas públicas voltadas para a promoção dessa energia revela não apenas a falta de investimento em recursos naturais próprios, mas também uma inadequada gestão no planejamento energético do país. Entre os principais obstáculos para a implementação da energia maremotriz estão os altos custos iniciais de construção das barragens e a limitação na capacidade de geração energética.

O objetivo geral desse projeto é analisar a viabilidade da implementação da energia de maremotriz em determinadas regiões litorâneas, compreendendo seu processo de funcionamento e os desafios encontrados na inserção dessa matriz energética no Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo analisado se localiza no litoral brasileiro mais especificamente nas regiões estuárias e baías no Nordeste onde estima-se um alto potencial de geração de eletricidade devido não somente pela quantidade considerável de regiões propícias para geração dessa fonte, mas também pelo potencial estimado de geração de energia que o litoral brasileiro possui.

2.2 Metodologia de Revisão Bibliográfica

A metodologia utilizada nesse trabalho se baseia na revisão de dados obtidos a partir da literatura, vale ressaltar que há uma quantidade significativamente pequena de artigos e dados referentes ao tema, o que dificulta uma análise atual.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Usinas maremotrizes possuem custos iniciais altos e longos períodos de construção, mas

baixos custos de operação e manutenção devido à independência de combustíveis fósseis. Sua vida útil é de duas a três vezes mais longa que a de usinas nucleares ou termelétricas. A viabilidade econômica varia conforme as alternativas energéticas locais, sendo competitiva em relação a termelétricas, porém menos que hidrelétricas (Guerreiro, et al, 2012).

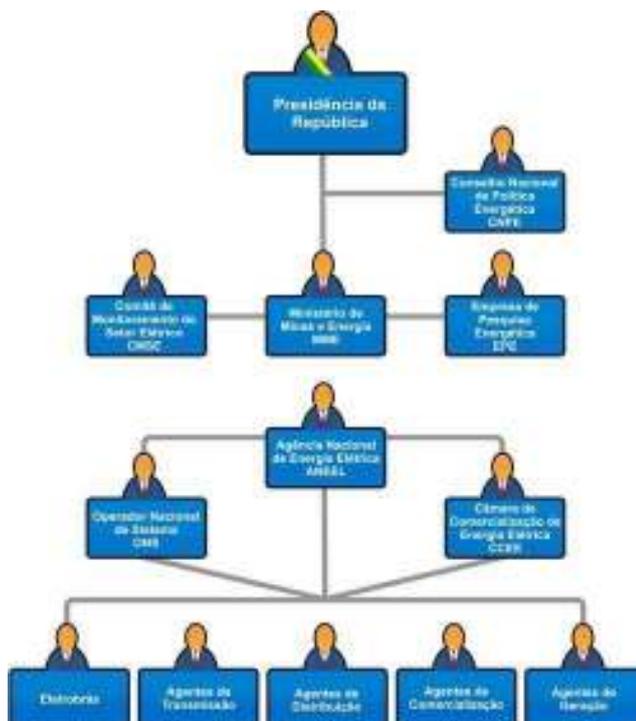
Verifica que assim como quaisquer outras instalações de barragem exigem de certa forma um capital inicial elevado, o que não seria diferente com usinas de maremotrizes indicando uns problemas atuais dessa fonte de energia a falta de investimento governamental e políticas públicas voltadas a geração não só da energia de maremotriz, mas sim de outras fontes oceânicas.

O mercado de energias oceânicas possui um considerável potencial de crescimento a longo prazo, porém enfrenta desafios significativos relacionados aos elevados custos de investimento e à dificuldade em obter financiamentos. A falta de políticas públicas específicas também restringe o progresso desse setor. Enquanto alguns países estão começando a desenvolver incentivos, o Brasil ainda não implementou políticas públicas direcionadas às energias oceânicas (Oliveira, et al, 2016).

A falta de iniciativas direcionadas a essa fonte de energia, gera por suas outras ramificações de problemas que serão abordados aqui como a ausência de dados recentes sobre potencial geracional de energia oceânicas. Sabe-se que o Brasil possui uma faixa litorânea incrivelmente alta, e com marés considerável, porém a falta de incentivo pesquisa- muitas vezes governamental- oculta esse poderoso e considerável “Mar de ouro” em termos energéticos. Estudos preliminares indicam a existência de mais 41 baías ao longo da costa norte do país (AP, PA e MA) com alturas de maré variando entre 3,7 e 8 metros, e potências teóricas superiores a 60 MW, atingindo um total de 5 GW de capacidade instalada, apenas na faixa litoral do Maranhão, em estudos conduzidos nos anos de 1980, apresentou-se um potencial disponível acima de 8 GW. (Piacentini, 2016).

A legislação ambiental brasileira evoluiu significativamente nas últimas três décadas. No entanto, não há menção às tecnologias de geração de energia a partir de fontes oceânicas. Assim, não existem estímulos nem regulamentações específicas para o uso dessa tecnologia.

Figura 1: Estrutura institucional do setor elétrico



Além disso, a falta de regulamentação ambiental cria um cenário onde as lacunas legais precisam ser exploradas para o desenvolvimento, resultando em insegurança jurídica (Oliveira, et al, 2016).

O mercado livre especial ou incentivado foi estabelecido para permitir que consumidores com demanda contratada superior a 500 kW possam negociar diretamente a compra de energia com geradores, fora do mercado regulado. Este mercado privilegia a aquisição exclusiva de energia de fontes alternativas, como PCHs, eólica, biomassa e solar, com capacidade instalada de até 30 MW (Oliveira, et al, 2016).

Leilões são o principal mecanismo de fomento para projetos de energia renovável, com participação nos leilões A-1, A-3 ou A-5. No entanto, o custo mais elevado das fontes renováveis em comparação às convencionais dificulta sua participação em leilões gerais, levando à realização de leilões específicos desde 2007 para expandir sua presença na matriz elétrica brasileira (Aneel, 2011).

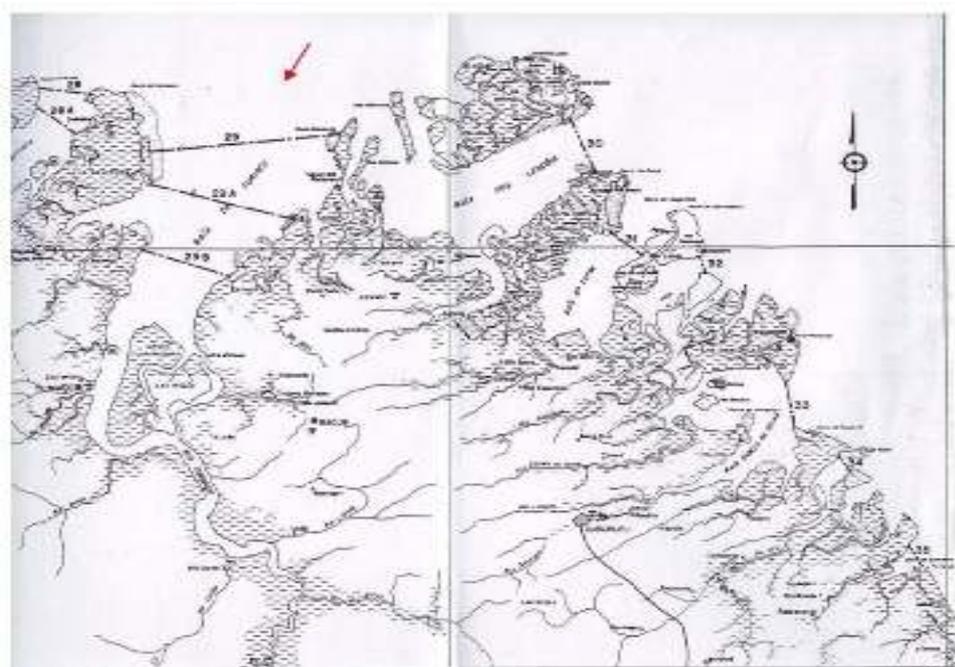
Outro aspecto relevante para a geração oceânica é o Direito Marítimo brasileiro, que abrange as normas relacionadas ao meio ambiente marinho. Essas normas visam à prevenção, ao controle e à fiscalização das atividades realizadas em águas jurisdicionais brasileiras, assegurando que tais atividades se mantenham dentro dos limites de capacidade do meio ambiente, prevenindo a ocorrência de danos ambientais decorrentes de poluição marinha. Antes de iniciar o Processo de Licenciamento Ambiental para obras sobre ou sob as águas, o empreendedor deve submeter um requerimento à Capitania dos Portos, Delegacia ou Agência da área de jurisdição. Este requerimento deve solicitar um parecer sobre o ordenamento do espaço aquaviário e a segurança da navegação. As informações e documentações necessárias para o requerimento são estabelecidas pelas "Normas da Autoridade Marítima Nº 11" NORMAM 11 (Martins, 2013).

Ou seja antes mesmo de iniciar o processo de construção de usina de maremotriz é fundamental autorização judicial, e um acompanhamento para fins de concordância com as diretrizes marinhas. O mar nesse contexto, se torna um mercado de empreendimento burocrático e exige protocolos para atender as demandas das agencias ambientais, bem como o mercado de circulação de capital gerado pela geração de energia.

Embora a energia de maremotriz esteja em estágio embrionário, alguns estudos recentes de viabilidade energética são conduzidos em regiões na região norte e nordeste do país, analisando as condições geográficas do local para fins educativos. Foi escolhido como base a baía do Turiaçu no Maranhão para análise de seu potencial energético, condições de relevo e viabilidade econômica.

Três alternativas de barragens indicadas na figura 16 (29, 29A, 29B) foram propostas, com comprimentos de 21,5 km, 17 km e 10,5 km, respectivamente. Todas teriam suas bases em áreas de manguezal, inadequadas para suporte devido à inundação diária e falta de estrutura geológica. O acesso terrestre é inviável, necessitando vias marítimas, e a construção de estradas através de 20 km de manguezais e reentrâncias a partir de Turiaçu seria extremamente cara e ambientalmente impactante. Durante a preamar, esses manguezais ficam submersos, limitando a capacidade de represamento e causando perda de volume de água represada (Bezerra, 2012).

Figura 2: Baía do Turiaçu



Na análise ambiental, a alternância de marés – períodos de submersão e exposição – é um fator de extrema importância. O represamento de água por meio de barragens compromete essa alternância, causando impactos negativos significativos na flora e fauna dos manguezais. Este aspecto deve ser avaliado cuidadosamente para cada alternativa de aproveitamento. Em todas as três alternativas analisadas, a questão ambiental é predominante, pois envolve extensos aterros de manguezais para acessar as cabeceiras das barragens sugeridas (Bezerra, 2012).

As potências extraíveis de 3,402 GW superam a demanda regional, exigindo a instalação de linhas de transmissão de alta tensão através de áreas de manguezal até grandes centros de consumo. A represa precisaria ser esvaziada a cada seis horas, resultando em geração intermitente e períodos de inatividade das linhas de transmissão. Além disso, a construção das barragens em áreas de manguezal demandaria um movimento de material significativo, não disponível na região. Assim, a exploração desse potencial energético é comprometida por questões econômicas, geográficas e ambientais (Bezerra, 2012).

Em resumo, o aproveitamento de energias maremotrizes em pequena escala se mostra mais viável e implementável. Essa conclusão reflete a realidade das regiões norte e nordeste do Brasil, onde há muitas comunidades pequenas e isoladas com acesso limitado ou baixa qualidade de energia elétrica. A energia maremotriz de pequena escala emerge como uma alternativa para reduzir a exclusão elétrica nessas áreas, promovendo melhorias nos cenários socioeconômicos das comunidades. Isso também pode ser visto como um empreendimento com foco no retorno social. Portanto, a viabilidade econômica e ambiental, bem como as melhores práticas para implementação desses projetos, devem ser objeto de estudo detalhado (Bezerra, 2012).

4 CONCLUSÃO

Portanto, é possível visualizar que as pautas de substituição de combustíveis fósseis por fontes energéticas sustentáveis tem direcionado a sociedade à busca por tecnologias que auxiliem a geração de novas fontes de energias limpas, surgindo nesse contexto a energia de maremotriz que se destaca no cenário atual como um caminho para este objetivo. No entanto se observa que tal fonte se encontra em uma encruzilhada jurídica e tecnológica sendo, de certa forma, subjugada e rejeitada embora se apresente com grande potencial energético, o Brasil,

país no qual se destaca com uma extensa faixa litorânea e altos potenciais energético, se mostra indiferente em relação a tal fonte mantendo os padrões legislativos e científicos que descredibilizam a energia de maremotriz. O que torna necessários a criação de programas de desenvolvimento de energia de pequenas usinas pilotos de maremotriz, assim como investimento público destinado a essa fonte pois, embora não possa se equiparar aos combustíveis fósseis, uma futura rede de centrais de usinas de maremotrizes contribuirá para uma formação de uma matriz energética consideravelmente limpa, garantindo o uso sustentáveis de recursos do planeta.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resumo geral dos novos empreendimentos de geração. Brasília: ANEEL/SFG, 2011.

BEZERRA, P. et al. A energia maremotriz no maranhão: uma análise crítica. *Plural*, v. 4, p. 45- 65, 2012.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. *Ciência e cultura*, v. 60, n. 3, p. 30-33, 2008.

DE LIMA, Shigeaki Leite et al. Projeto da usina maremotriz do Bacanga: concepção e perspectivas. *Universidade Federal do Maranhão*, v. 19, 2018.

ELLIOT, D. Tidal Energy. In: BOYLE, G. (Edit.). *Renewable Energy: power for a sustainable future*, Ed. Oxford University Press, 2004.

GUERREIRO, Rodrigo et al. A geração de energia maremotriz e suas oportunidades no Brasil. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 8, n. 2, 2012.

HINRICHS, R.A.; KLEINBACH, M.; REIS, L.B. *Energia e meio ambiente*. Tradução da 4ª edição norteamericana. Cengage Learning, 2010.

MARTINS, E. M. O. *Curso de direito marítimo*. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. v. 1.

MILLER, G.T.; SPOOLMAN, S.E. *Ecologia Sustentabilidade*. Tradução da 6ª edição norteamericana. Cengage Learning, 2012.

OLIVEIRA, Rafael Mendonça et al. *Energias oceânicas: arcabouço legal e entraves a serem superados para o desenvolvimento no Brasil*. 2016.

PIACENTINI, Patricia. Faltam estratégias no Brasil para gerar energia das marés. *Ciência e Cultura*, v. 68, n. 3, p. 11-13, 2016.