

CAPÍTULO IV

ENERGIA DOS OCEANOS¹

Sinopse

Descreve-se o interesse mundial por energias alternativas, de menor impacto ambiental, no setor elétrico, a partir de fontes limpas e renováveis; aponta-se a relação entre as energias solar, eólica e hidráulica, na formação de ventos, ondas e correntes; detalham-se tecnologias em desenvolvimento na obtenção de energia das ondas, das marés e das correntes; o potencial dos recursos energéticos da costa brasileira é apresentado, em sua distribuição geográfica; dentre as pesquisas em andamento, são destacadas atividades da Coppe/UFRJ e da Furg; desdobra-se a proposta da Coppe, de implantar programa nacional para levantar o potencial energético brasileiro; ao final, são alinhadas algumas sugestões ligadas ao tema.

Abstract

This chapter describes the worldwide interest in alternative energy, with lesser environmental impact in the electrical sector, using clean and renewable sources. Relationships among solar, wind and hydraulic energies in the formation of wind gusts, sea waves and ocean currents are pointed out. Technologies under development for extracting energy from waves, tides and currents are detailed, and the Brazilian coast energetic resources potential is presented, in its geographical distribution. Among the ongoing research activities, those of Coppe/UFRJ and Furg are highlighted. Coppe's proposal for implementing a nation-wide program to assess Brazilian energetic potential is unfolded. In the end, suggestions on the topic are aligned.

1. Introdução

A busca por alternativas energéticas que causem menos impactos ao meio ambiente passou a fazer parte do planejamento estratégico das nações. Diante desse cenário, o processo de transformação pelo qual passa o setor elétrico mundial está orientado para a adoção de soluções sustentáveis, que envolvam a crescente participação de fontes limpas e renováveis.

Em decorrência da evolução natural da pesquisa em energias renováveis, o amplo potencial dos recursos energéticos do mar vem atraindo crescente atenção e interesse da comunidade científica e de políticas governamentais. O aproveitamento dos recursos do mar apresenta perspectivas promissoras, em função de vários fatores, tais como extensas áreas, ampla distribuição mundial dos oceanos e, principalmente, altas densidades energéticas, as maiores entre todas as fontes renováveis.

Nesse contexto, a costa brasileira e as vastas áreas que constituem o mar territorial apresentam condições que abrem plenas perspectivas para esse aproveitamento energético no País. Com o potencial de contribuir para a ampliação da oferta de eletricidade, dentro de uma matriz energética limpa e diversificada, tais recursos podem, por sua ampla distribuição geográfica, ter um papel significativo na universalização do serviço de energia elétrica, contribuindo para reforçar a matriz energética vigente e o desenvolvimento sustentável.

2. Tecnologias em desenvolvimento

As energias solar, eólica, hidráulica e do mar derivam de fontes renováveis e limpas. A maior parte desses recursos é originada da energia do Sol, havendo concentração dessa energia nos processos de formação dos ventos, de ondas e correntes, e no ciclo hidrológico.

A energia contida nos oceanos manifesta-se de diversas formas: ondas, marés, correntes marinhas, gradientes térmicos e gradientes de salinidade. O presente capítulo tem como foco as fontes

¹ A presente atualização contou com a participação do Prof. Dr. Segen Farid Estefen, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ).

de energia oriundas das ondas e das marés.

Os recursos energéticos dos oceanos são comprovadamente fontes viáveis de exploração. A água do mar é, em média, 835 vezes mais densa do que o ar, o que significa que há maior concentração de energia nos recursos oceânicos.

A tabela 1 abaixo apresenta o potencial mundial dos recursos referentes a ondas, marés e correntes.

Tabela 1 – Potencial mundial dos recursos referentes a ondas, marés e correntes

Origem		Estágio de Desenvolvimento	Potencial Teórico
Marés	Campo gravitacional Terra-Lua-Sol	Maduro (comercial)	3 TW ¹
Ondas	Ventos	Protótipos avançados	10 TW ²
Correntes	Ventos, marés, gradientes de temperatura e salinidade	Protótipos avançados	5 TW ³

¹: Sorensen, 2004; Charlier & Justus, 1993.
²: Isaac & Seymour, 1973; WEC, 1993.
³: Isaac & Seymour, 1973.

2.1. Energia das ondas

As ondas do mar são consequência da transferência de energia dos ventos, ao longo de uma faixa sobre a superfície oceânica. Os ventos, por sua vez, são causados pelos gradientes de pressão existentes na superfície terrestre, ocasionados pelo aquecimento solar desigual do planeta.

A energia contida nas ondas é, portanto, uma forma de energia solar, porém mais concentrada. O fator de acumulação de energia solar na formação dos ventos é de dois a seis vezes, enquanto o fator de acumulação da energia eólica em energia de onda é de aproximadamente cinco vezes. Isto significa que, para um mesmo potencial energético, são necessárias menores áreas para conversão da energia das ondas em eletricidade do que aquelas para os aproveitamentos das energias solar e eólica.

A figura 1 abaixo demonstra esquematicamente como ocorrem a transferência e a acumulação de energia do Sol para o mar.

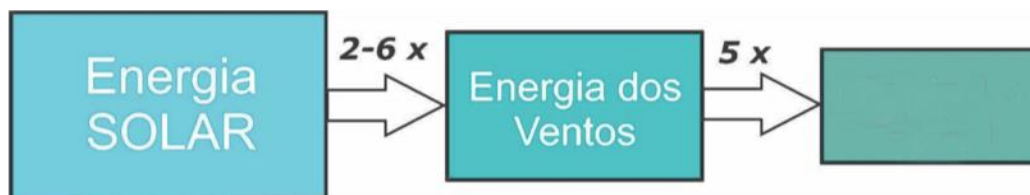


Figura 1 – Esquema de transferência e acumulação da energia solar para o mar

Protótipos, baseados em diferentes princípios de conversão da energia do mar em eletricidade, têm sido submetidos a testes em condições reais de operação, como indicado na figura 2 abaixo.



(a) LIMPET, Reino Unido (500 kW)



(b) OWC, Portugal (400 kW)



(c) PELAMIS, Reino Unido (750 kW)



(a) AWS, Holanda (2 MW)

Figura 2 – Protótipos de conversores de energia das ondas em eletricidade

2.2. Energia das marés

As marés são movimentos oscilatórios do nível do mar, devidos à atração gravitacional da Lua e do Sol e ao efeito da rotação da Terra. A força geradora da maré consiste primordialmente na resultante gravitacional do sistema Sol-Terra-Lua, a qual depende diretamente das massas dos corpos celestes e inversamente do cubo da distância entre eles. Outros fatores influenciam as marés, como a forma do litoral, o fundo do mar e os fenômenos meteorológicos (2).

Como resultado do movimento periódico dos astros, as marés apresentam recorrência entre 12 e 24 horas, em função da localização no globo terrestre. Com comprimento de ordens continentais, a maré configura a maior onda oceânica existente. A amplitude da maré também varia com o tempo e em função da periodicidade e da intensidade dos fenômenos astronômicos envolvidos. As maiores variabilidades, contudo, estão relacionadas à posição e às características da costa. Ao alcançar a plataforma continental e a área costeira adjacente, a onda de maré sofre transformações tais como refração, reflexão e difração. Também sofre efeitos causados pelo fundo, acarretando redução de sua celeridade e aumento da amplitude. Em estuários estreitos há uma tendência de maior concentração de energia por unidade de largura e ressonância na reflexão da onda de maré, ocasionando o aumento de sua amplitude.

A figura 3 abaixo mostra esquematicamente como se dá o aproveitamento convencional da energia das marés com o uso de barragem. Trata-se de uma tecnologia madura em plantas comerciais e experimentais, com 254 MW na Coreia do Sul, 240 MW na França, 18 MW no Canadá, 500 kW na China e 400 kW na Rússia.

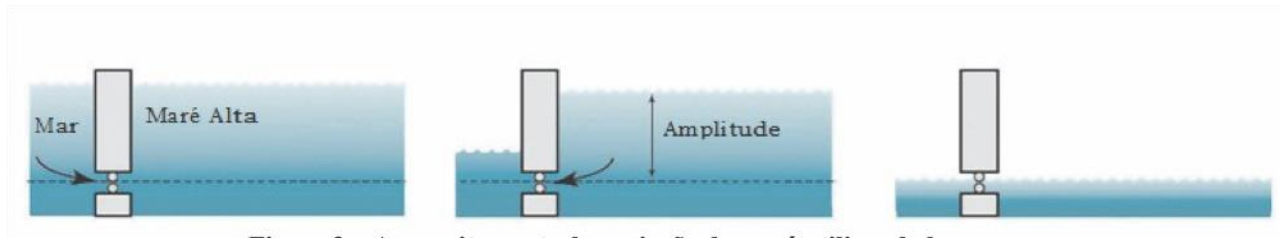


Figura 3 – Aproveitamento da variação de maré utilizando barragem

2.3. Energia das correntes

As correntes podem ser classificadas como: marítimas, de densidade, de maré, de vento e litorâneas. Têm sido consideradas como objeto de estudo para geração elétrica, principalmente, as correntes marítimas e as de maré, pois são mais intensas e, portanto, de maior potencial energético.

As correntes marítimas correspondem aos deslocamentos das águas oceânicas, continuamente, com o mesmo sentido e a mesma velocidade. Essas grandes massas de água salgada que correm na superfície dos oceanos e em águas profundas, seguindo cursos bastante regulares, são consideradas verdadeiros rios oceânicos. O principal fator responsável é a diferença da densidade das águas. Esta é provocada pela diferença de temperatura, ou seja, as temperaturas extremamente baixas nas regiões polares afetam consideravelmente a densidade da água do mar nas altas latitudes, sendo este fator muito importante para desencadear o processo de correntes frias e profundas e, conseqüentemente, provocar o deslocamento da água superficial e quente na direção das altas latitudes, para suprir o espaço liberado pelo deslocamento das correntes frias e profundas, na direção das baixas latitudes e do equador. A velocidade dessas correntes pode atingir valores superiores a 1 m/s. Já as correntes de maré são de importância e magnitude variável, devido à localização. São cíclicas e podem ser significativas para a exploração de energia, especialmente nas embocaduras de estuários, onde atingem intensidades superiores a 2 m/s.

Na figura 4 abaixo, têm-se protótipos para o aproveitamento da energia das correntes, que a convertem em eletricidade.



(a) Turbina de 300 kW, *Marine Current Turbine* (b) Turbinas de 500 kW, *SMD Hydrovision*

Figura 4 – Protótipos para a geração de eletricidade a partir de correntes

3. Recursos energéticos – potencial da costa brasileira

No Brasil, a extensa costa e as vastas áreas de mar territorial são condições naturais que abrem plenas perspectivas para o aproveitamento energético dos recursos do mar. Estima-se um potencial de 114 GW, que poderá contribuir para a ampliação da oferta e para a diversificação da matriz energética, distribuído em: energia das marés, disponível para uso comercial apenas na região Norte (Amapá, Pará) e no estado do Maranhão; e em energia das ondas, principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul.

A figura 5 abaixo apresenta a distribuição geográfica do potencial estimado de energias de

ondas e marés, ao longo da costa brasileira.

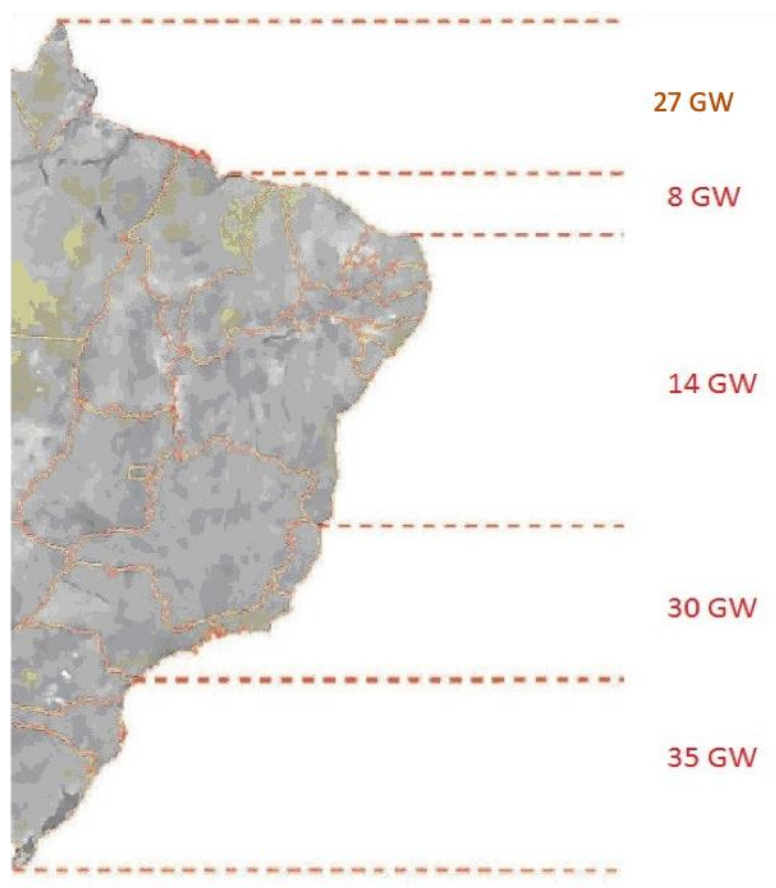


Figura 5 – Potencial energético de ondas e marés na costa brasileira

O quadro 1 abaixo apresenta a distribuição geográfica do potencial estimado de energias de ondas e marés, ao longo da costa brasileira:

Quadro 1 – Potencial energético por regiões

Região	GW
Norte + Maranhão ¹	27
Nordeste ²	22
Sudeste ²	30
Sul ²	35
Potencial Brasileiro	114

1: Maré 2: Ondas

O Brasil ainda não tem definido um ordenamento legal para a exploração de energia das ondas. No entanto, em face de possuir uma regulamentação para atividades de produção de petróleo e gás *offshore*, os estudos e avaliações de exploração das energias das ondas certamente buscarão balizar-se nesse marco regulatório.

4. Pesquisas em andamento

Nos últimos anos, tem havido progressos importantes na área de energia do mar no Brasil e no exterior.

No Brasil, com o apoio do CNPq, foi estabelecido em 2016 o Instituto Nacional de Ciência e

Tecnologia em Energia Oceânica e Fluvial (Ineof). O objetivo é desenvolver, em rede, atividades de pesquisa e desenvolvimento. Participam do Ineof as seguintes universidades: Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do Pará, Universidade Federal de Itajubá, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Federal do Rio de Janeiro.

As atividades no âmbito da Coppe/UFRJ e na Furg merecem especial destaque.

4.1. Pesquisas no exterior

O relatório do *Ocean Energy Systems* da *International Energy Agency* de 2016 (IEA) [9] menciona avanços relevantes na conversão em eletricidade de ondas, maré e do gradiente de temperatura (*Otec*). Cinco centros para testes em mar aberto têm desenvolvido atividades principalmente em protótipos de conversores de ondas e marés. São eles: *Force*, no Canadá, *NNMREC*, em Oregon / EUA, *Emec*, na Escócia / UK, *Bimep*, no País Basco / Espanha e *Nagasaki Amec*, no Japão.

Nos anos recentes, principalmente Estados Unidos, França, Coreia do Sul e Japão têm desenvolvido projetos de demonstração para a conversão do gradiente de temperatura (*Otec*) na faixa de 1 a 10 MW. *Otec* necessita de grande economia de escala, comparada às outras tecnologias de conversão de fontes oceânicas. Para uma planta de 10 MW de potência instalada, estima-se um custo de eletricidade de cerca de US\$ 200/MWh, enquanto numa planta de 100 MW estima-se o custo em US\$ de 100/MWh, o que requer um projeto com investimento inicial superior a 300 milhões de dólares. Duas iniciativas têm sido conduzidas: estimativa do potencial *Otec* no mundo, sob liderança da China, e status atual e plantas *Otec*, sob liderança da Coreia do Sul. Um dos objetivos dessas iniciativas é a proposição do *Otec roadmap*.

Órgãos governamentais de vários países têm estabelecido instrumentos para garantir investimentos em novas tecnologias, necessárias para a futura comercialização das energias dos oceanos. Tem-se como prioridades:

- a) acelerar a maturidade das tecnologias de energia oceânica para viabilizar a comercialização;
- e
- b) tornar a energia oceânica economicamente viável em relação às demais energias renováveis.

4.2. Atuação da Coppe em energia dos oceanos

O Laboratório de Tecnologia Submarina da Coppe/UFRJ² atua no desenvolvimento de tecnologias em diversas áreas de aplicação, com especial ênfase naquelas associadas à produção de petróleo e gás em águas profundas. Com base nessa experiência, estendeu suas atividades a temas referentes às energias renováveis oriundas do mar. Assim, o Núcleo de Energias Renováveis do Mar de seu laboratório possui competências em diferentes áreas das ciências básicas e das engenharias, para o mapeamento dos recursos energéticos do mar e para o desenvolvimento de conversores destinados à geração de eletricidade. Apoio fundamental às pesquisas sobre as energias renováveis do mar é proporcionado pelo Laboratório de Tecnologia Oceânica³, que possui um tanque de simulação, possibilitando a avaliação de conceitos de conversores para condições de mar que reproduzem, em escala, as condições reais.

Estudos foram desenvolvidos para a instalação de planta piloto de conversão da energia de ondas em eletricidade, no quebra-mar do porto de Pecém, com a participação da Coppe/UFRJ e Governo do Estado do Ceará, entre outros, no âmbito do Programa P&D Aneel. A planta piloto,

² <http://www.lts.coppe.ufrj.br>.

³ <http://www.laboceano.coppe.ufrj.br>.

apresentada na figura 6 abaixo⁴, com dois módulos do conversor hiperbárico, terá 100 kW de potência instalada (7).



Figura 6 – Planta piloto de conversão da energia de ondas em eletricidade, em instalação no quebra-mar do porto de Pecém

Outros projetos relevantes, referentes à energia das ondas e das marés, têm sido também apoiados por este programa e por empresas do setor energético, assim como pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Podem-se citar como exemplos estudos referentes ao aproveitamento da barragem já existente na foz do rio Bacanga, em São Luís do Maranhão, para viabilizar uma planta-piloto maremotriz (8).

O Grupo de Energias Renováveis dos Oceanos da Coppe/UFRJ tem atuado nos últimos anos no desenvolvimento de um novo protótipo, com potência de 80 KW, para instalação, próximo à ilha Rasa, no litoral do Rio de Janeiro. O protótipo, apoiado no fundo do mar, será instalado numa profundidade de cerca de 16 m. A primeira fase de desenvolvimento do projeto foi concluída em 2017, com o apoio de Furnas Centrais Elétricas, no âmbito do Programa de P&D Aneel. A segunda fase, em negociação, visa à instalação e operação do protótipo. Desenho ilustrativo do protótipo e da isóbata do local de instalação é mostrado na figura 7 abaixo (11).

⁴ Disponível em: <https://casa.abril.com.br/sustentabilidade/ceara-planeja-transformar-onda-do-mar-em-energia-a-partir-de-2020/> . Acesso em: 29 ago. 2019.

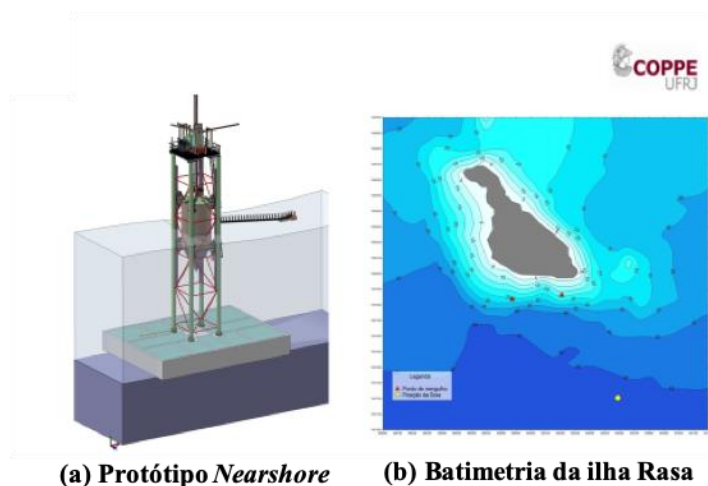


Figura 7 – Protótipo de energia das ondas com potência de 80 kW

4.3. Projeto EOnDas-RS conduzido na Furg

A Universidade Federal de Rio Grande (Furg) realizou, nos últimos anos, em parceria com a Petrobras, o projeto “Estudos de tecnologias para a conversão de energia das ondas em energia elétrica na costa do Rio Grande do Sul (EOnDas-RS)”. O objetivo foi determinar o potencial energético das ondas e fornecer subsídios para avaliar a viabilidade de instalação de uma usina de geração de energia elétrica, a partir da energia das ondas do mar na costa do Rio Grande do Sul (11).

O projeto foi estruturado em módulos, envolvendo as áreas ambiental, oceanográfica, de engenharia e de ciências econômicas. A metodologia utilizada consistiu em levantar, combinar e avaliar as informações obtidas – desde o estado da arte das tecnologias dos modelos existentes de conversores para a geração de energia elétrica e determinação do potencial energético das ondas na região – e os possíveis impactos ambientais. A compilação desses resultados subsidiou o estudo de viabilidade técnica e econômica, com análise do custo do ciclo de vida da usina projetada, para conversão de energia das ondas em energia elétrica, na região estudada.

Além do Projeto EOnDas-RS, a Furg tem desenvolvido pesquisas científicas, como o projeto “Estudo teórico-experimental de tecnologias para aproveitamento de energia das ondas do mar”, financiado pelo CNPq. No programa de pós-graduação em modelagem computacional, em 2010, dois projetos foram realizados com foco nesse tema: “Modelagem computacional de um dispositivo coluna d’água oscilante para a conversão da energia das ondas do mar em energia elétrica” e “Energia das ondas: estado da arte e desenvolvimento de um modelo de simulação numérica para o princípio de galgamento”. No programa, dois outros projetos estão sendo desenvolvidos, sobre o tema de energia das ondas. Além disso, diversos trabalhos científicos já foram publicados, especialmente em congressos e seminários como o Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas (Encit), o Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (Cobem) e a Conferência de Modelagem Computacional do Sul (MCSul).

Dentro desse contexto, a Furg contribui com o desafio de pesquisar e desenvolver a tecnologia de conversão da energia das ondas em energia elétrica, pela oportunidade de produzir um bem de extremo valor para a humanidade, a energia limpa e inesgotável originada das ondas do mar.

5. Programa Nacional de Energias Renováveis do Mar (Pnrm)

A evolução das pesquisas depende de ação estruturada que mobilize órgãos de fomento e comunidade científica. Para tal, a Coppe/UFRJ propôs a implantação do Programa Nacional de Energias Renováveis do Mar (Pnrm), o qual é fundamentado no levantamento do potencial energético brasileiro dos recursos do mar e no desenvolvimento de conversores para seu aproveitamento na geração de eletricidade.

Trata-se, portanto, de uma proposta de implementação de uma infraestrutura adequada e de projetos estruturantes para alavancar o desenvolvimento da tecnologia nacional. Tendo como essência fomentar soluções tecnológicas para o aproveitamento dos recursos energéticos do mar no Brasil, entende-se que o Pnrm se apresenta como uma iniciativa que poderá abrigar, no âmbito nacional, os projetos e as políticas governamentais para o assunto, como já tem acontecido em diversas nações.

Cabe à Rede de Tecnologia do Pnrm, de acordo com a proposta, coordenar as parcerias para a execução das ações previstas no programa, a fim de possibilitar significativo retorno dos investimentos, pelo desenvolvimento de tecnologia específica para a geração elétrica por fontes oceânicas, incluindo o aprofundamento das pesquisas em escala reduzida e em protótipos para atividades *offshore*, as quais certamente permite proporcionar um avanço significativo dos conversores para produção de eletricidade a partir das ondas do mar. Dessa forma, pretende-se: aperfeiçoar o conceito para instalação na costa (*onshore*); desenvolver os conceitos para instalação próximo da costa (*nearshore*) e ao largo (*offshore*); e selecionar locais específicos da costa brasileira para melhor entendimento dos recursos energéticos, pela aquisição de dados do mar local, visando à instalação dos protótipos.

O programa proposto prevê Linhas de pesquisa consideradas estratégicas, que devem ser estabelecidas para a consolidação do Pnrm e de sua Rede de Tecnologia, constituída por instituições de pesquisa, empresas de energia, indústrias sediadas no País e prestadores de serviços. Pode-se, assim, viabilizar o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, buscando uma visão de horizonte de tempo, necessidades e mercado. Há ainda uma ampla possibilidade de sinergia entre os envolvidos, podendo permitir, entre outros benefícios, a otimização dos recursos humanos, a redução de custos e, principalmente, a realimentação do processo de desenvolvimento técnico-científico.

Nesse cenário, a disponibilidade de infraestrutura laboratorial já existente nas universidades e nos centros de pesquisa na área de energias renováveis do mar tem condições de propiciar o desenvolvimento de conversores adequados para o litoral brasileiro.

Para uma efetiva estruturação do Pnrm, são necessárias as seguintes ações prioritárias:

- consolidar a rede tecnológica, com participação dos principais agentes envolvidos, além de representação de empresas, comunidade científica e órgãos governamentais, visando à integração e ao desenvolvimento de novos projetos;
- implementar os conversores, em escala reduzida em laboratório e em protótipos em escala real, para operação no mar;
- implantar o Laboratório Maremotriz do Bacanga (Maranhão) e o Campo de Testes de Energia das Ondas no Porto do Pecém (Ceará); e
- estabelecer um planejamento para o programa, buscando uma visão de horizonte de tempo para os vários estágios a serem atingidos, até alcançar-se o mercado.

6. Considerações finais e sugestões

O aproveitamento da energia dos oceanos ganhou importância na última década, em especial da energia das fontes oriundas de ondas e marés. Espera-se, portanto, a inserção comercial das tecnologias de conversão dessas fontes de energia em eletricidade.

O Brasil pode beneficiar-se do desenvolvimento tecnológico do setor, em função de sua extensa linha de costa e de seu mar territorial. O potencial energético estimado é da ordem da potência instalada atualmente para a geração de eletricidade. Existe também uma distribuição interessante dos recursos energéticos do mar, visto que ao norte se tem significativa variação de nível das marés, enquanto nas outras regiões é possível o aproveitamento das ondas.

Deve-se enfatizar a importância do desenvolvimento de tecnologia nacional, na evolução dos conceitos para a conversão em eletricidade, incorporando a indústria nesse esforço. A possibilidade real de ter-se uma indústria forte no setor, decorrente de experiências bem sucedidas no País na produção de petróleo no mar, deve ser seriamente considerada, no âmbito das políticas governamentais.

O desenvolvimento de tecnologia nacional para o aproveitamento das fontes energéticas do mar apresenta-se como uma grande oportunidade de o Brasil consolidar sua posição internacional, como protagonista das iniciativas voltadas para a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, contribuindo para a diminuição da emissão dos gases do efeito estufa. Nesse contexto, deve-se considerar que as tecnologias que contribuam para a reversão da tendência do aquecimento global terão grande apelo econômico nas próximas décadas, possibilitando a inserção da indústria nacional no competitivo mercado internacional de equipamentos, para a geração elétrica baseada em fontes renováveis.

As seguintes ações são sugeridas, no sentido de fortalecer as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação referentes à energia dos oceanos no Brasil.

SUGESTÕES:

- **CONSOLIDAR** os grupos de pesquisa com atuação no setor, com o apoio de mecanismos já existentes nos Fundos Setoriais geridos pelo MCTIC, possibilitando o aumento das atividades de P, D & I, assim como a formação de recursos humanos de alta qualificação.
- **BUSCAR** maior conhecimento do Mar Brasileiro, com base em programas de medições de ondas, marés e correntes por instrumentação oceanográfica e, de forma mais abrangente, utilizando os recursos de sensoriamento remoto.
- **CRIAR** campos de testes para protótipos de conversão de ondas, marés e correntes em eletricidade, considerando a infraestrutura básica, composta de cabos submarinos e sistema elétrico para conexão à rede de transmissão, assim como equipe técnica dedicada à operação das instalações.
- **POSSIBILITAR**, por meio de incentivos fiscais, a atuação da indústria nacional, em cooperação com os grupos de pesquisa e as pequenas empresas de base tecnológica, para o desenvolvimento de produtos e serviços.
- **VIABILIZAR** a geração de eletricidade, a partir das fontes renováveis do mar, com tarifas diferenciadas por determinado período, de forma a dar sustentabilidade econômica na fase inicial de implantação dessas tecnologias inovadoras.
-

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOYLE, G. (Editor). *Renewable energy, power for a sustainable future*. Glasgow: Oxford University Press, 2004.
2. CHARLIER, R. H.; JUSTUS, J. R. Ocean energies, environmental, economic and technological aspects of alternative power sources. In: ELSEVIER OCEANOGRAPHY SERIES, Netherlands, 1993.
3. CRUZ, J. (Ed.). *Ocean wave energy, current status and future perspectives*, Berlin: Springer-Verlag, 2008.
4. ESTEFEN, S. F. As múltiplas ofertas do mar. *Scientific American*, p. 76-81, mai. 2009.
5. ESTEFEN, S. F.; CASTELLO, X.; LOURENÇO, M. I.; ROSSETTO, R. M. Design analyses applied to a hyperbaric wave energy converter. In: 11TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRACTICAL DESIGN OF SHIPS AND OTHER FLOATING STRUCTURES. Rio de Janeiro, Brazil, 19-24 Sept. 2010.
6. ESTEFEN, S. F.; FERNANDES, A. C.; ESPERANÇA, P. T. T.; COSTA, P. R. *Energia das ondas, em fontes renováveis de energia no Brasil*. In: TOLMASQUIM, M. T. (Ed.). Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003.
7. ESTEFEN, S. F.; RICARTE, E.; PINHEIRO, M.M.; FRANCO, D.; ESPERANÇA, P. T.; DA COSTA, P. R.; CLEMENTE, C. H. P.; MELO, E. Experimental and numerical studies of the wave energy hyperbaric device for electricity production. In: 27TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING. *Omae 2008*... Estoril, Portugal, 15-20 jun. 2008.
8. FERREIRA, R.; ESTEFEN, S. F. Alternative concept for tidal power plant with reservoir restrictions. *Renewable energy*, 34, p. 1151-1157, 2009.
9. IEA. Ocean Energy Systems, *Annual Report 2016*, International Energy Agency. Disponível em: www.ocean-energy-systems.org.
10. IEA. Ocean Energy Systems, *An International Vision for Ocean Energy 2017*, International Energy Agency. Disponível em: www.ocean-energy-systems.org.
11. MARQUES, W. C.; FERNANDES, E. H.; ROCHA, L. A. O.; MALCHEREK, A. The influence of energy converting structures on the hydrodynamic and morphodynamic processes in the Southern Brazilian shelf. 11TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRACTICAL DESIGN OF SHIPS AND OTHER FLOATING STRUCTURES, Rio de Janeiro, Brazil, 19-24 Sept. 2010
12. SHADMAN, M. *Application of the Latching Control on a Wave Energy Converter*. Tese de Doutorado (Programa de Engenharia Oceânica) - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.