

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

VITÓRIA DE CASTRO VIDOR

**ESTUDO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UMA PLANTA DE
DESSALINIZAÇÃO UTILIZANDO ENERGIA DE ONDAS
OCEÂNICAS NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Avaliador:

Defesa: dia 29/11/2021 às 10:30 horas

Local: MConf

Sala: <https://mconf.ufrgs.br/webconf/00010088>

Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem-vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.

Porto Alegre

Dezembro 2021

VITÓRIA DE CASTRO VIDOR

**ESTUDO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UMA PLANTA DE
DESSALINIZAÇÃO UTILIZANDO ENERGIA DE ONDAS
OCEÂNICAS NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Civil

**Orientador:
Alexandre Beluco**

Porto Alegre
Dezembro 2021

VITÓRIA DE CASTRO VIDOR

ESTUDO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UMA PLANTA DE DESSALINIZAÇÃO UTILIZANDO ENERGIA DE ONDAS OCEÂNICAS NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL

Este trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL

Porto Alegre, dezembro de 2021

Prof. Alexandre Beluco
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Alfonso Risso
UFRGS
Dr. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Prof.^a Janaína Terhost Pizutti
UFRGS
Msc. pela Universidade de Passo Fundo

Prof. Elton Gimenez Rossini
UFRGS
Dr. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

RESUMO

O aproveitamento da energia dos oceanos para uma planta de dessalinização se apresenta como uma alternativa energética sustentável e uma oportunidade para suprir parte da demanda de água potável no mundo, visto que alguns locais possuem um notável potencial energético. Os impactos ambientais gerados pelo uso de combustíveis fósseis para geração de energia e a crescente demanda para abastecer a população têm proporcionado um interesse maior por fontes alternativas a fim de melhorar o convívio do ser humano com o meio em que se vive. Este estudo referente a um pré-dimensionamento de uma planta de dessalinização utilizando a energia dos oceanos no litoral norte do Rio Grande do Sul revelou que, com uma usina de ondas de 12 km de extensão abastecendo uma planta de dessalinização, é possível beneficiar mais de 1 milhão de habitantes na região, incluindo a população fixa e a flutuante.

Palavras-chave: energia renovável; energia dos oceanos; dessalinização

ABSTRACT

The use of energy from the oceans for a desalination plant presents itself as a sustainable energy alternative and an opportunity to supply part of the demand for drinking water in the world, as some places have a remarkable energy potential. The environmental impacts generated by the use of fossil fuels for energy Generation and the growing demand to supply the population have provided a greater interest in alternative sources in order to improve the interaction oh human beings with the environment in which they live. This study concerning a pre-dimensioning of a desalination plant using energy from the oceans on the north coast of Rio Grande do Sul revealed that, with a 12 km-long wave plant supplying a desalination plant, it is possible to benefit more from 1 million inhabitants in the region, including fixed and floating population.

Keywords: renewable energy; ocean energy; desalination

1. Introdução

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021), cerca de 97% da água do planeta é salgada, sendo imprópria para o consumo. Dos 3% restantes sob a forma de água doce, menos de 0,5% está em aquíferos subterrâneos. O Brasil detém 12% das reservas de água doce superficial do mundo, todavia a distribuição natural deste recurso não é proporcional a todas as regiões.

Conforme a população mundial cresce, a demanda por água aumenta a cada dia, gerando cada vez mais problemas como: qualidade insatisfatória para abastecimento, prejuízo na alimentação e sobrevivência da comunidade, eutrofização e tratamento mais caro. Visando reduzir a insalubridade, o impacto ambiental e o impacto financeiro, buscam-se alternativas para um tratamento de água mais acessível à população como um todo.

Em 2001, quando começaram as interrupções no abastecimento no Brasil, a energia hidrelétrica era responsável por 95% da matriz do país. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), em 2020, o Brasil diversificou mais as fontes energéticas, dispondo de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável com proporções indicadas no gráfico abaixo.

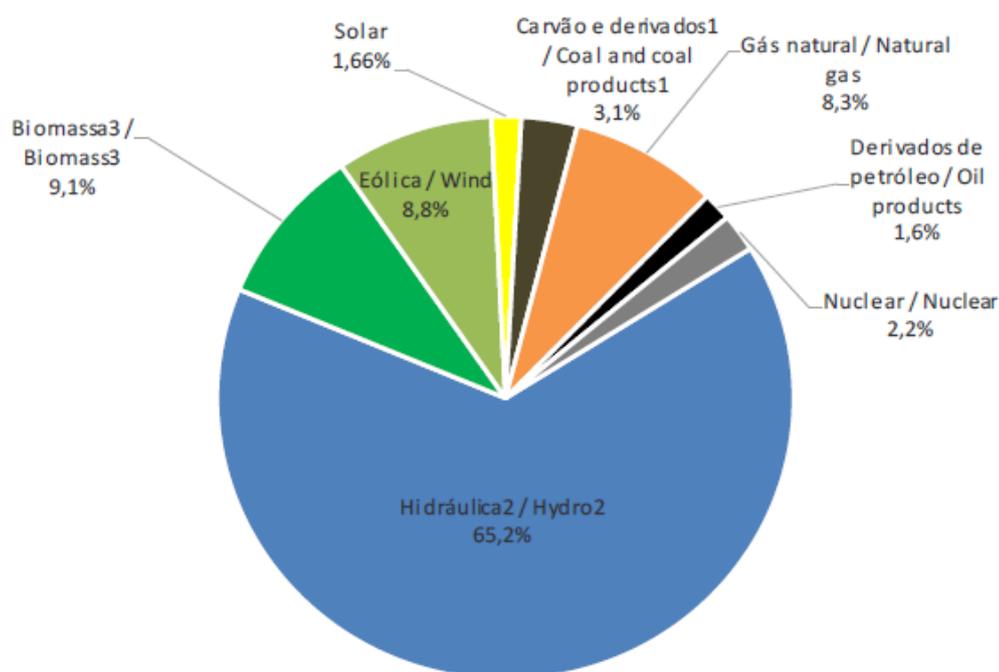


Gráfico 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte

Fonte: (EPE, 2021)

Atualmente, em 2021, o Brasil está passando por uma crise hídrica, o que confirma a alta demanda de água e a necessidade de ter fontes alternativas para que a população não sofra com altos ajustes de preço nas contas de luz e um consequente aumento da inflação.

Uma das fontes de energias alternativas não convencionais é a energia proveniente das ondas do mar, a qual é uma energia renovável e que utiliza uma tecnologia limpa, com um imenso potencial mundial a ser explorado (SILVA, 2012).

Além disto, a dessalinização é um processo interessante para suprir o consumo de água da população considerando que o Brasil possui uma extensa faixa litorânea. Todavia, as usinas de dessalinização possuem uma alta demanda de energia elétrica, tornando-as, muitas vezes, financeiramente inviáveis. A exemplo, pode-se citar a usina da cidade de Barcelona, na Espanha, que, segundo o engenheiro chefe Carlos Miguel (G1, 2014), o custo da água torna-se alto devido ao consumo de energia elétrica e das grandes instalações.

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar, através de revisão bibliográfica, a viabilidade da utilização da energia dos oceanos em uma planta de dessalinização no litoral do Rio Grande do Sul.

2. Energia dos Oceanos

Segundo Segen Estefen, professor de engenharia oceânica da UFRJ, uma região oceânica pode gerar energia de diferentes formas: a partir do movimento das ondas; pela variação de temperatura entre a superfície e o fundo do mar; pelas correntes oceânicas; por um processo de osmose entre a água salgada e a doce; pelas marés. Destas, as ondas e as marés são as formas que possuem as tecnologias mais avançadas para a geração de energia, pois aproveitam as energias potencial e cinética dos oceanos, respectivamente (MALAR, 2021).

Nem toda região oceânica gera energia suficiente para tornar o projeto viável. Uma usina que utilize a energia potencial demanda uma onda de, no mínimo, 5 a 7 metros para funcionar, enquanto a cinética exige uma velocidade média de pelo menos 1 a 2 metros por segundo.

2.1. Potencial de Utilização ao Redor do Mundo

A energia das ondas oceânicas contribuiria em mais de 10% da eletricidade mundial produzida se a tecnologia que vem sendo desenvolvida fosse largamente utilizada, o que corresponde à cerca de 2.000 terawatt-hora anualmente, ou seja, à soma da produção das hidrelétricas de todo o mundo (SILVA, 2012).

Uma estimativa sobre o potencial de contribuição de energia das ondas no mundo pode ser observada na Figura 1. As regiões amarelas representam os locais com o maior potencial energético, incluindo a região de interesse deste trabalho, a região sul do Brasil.

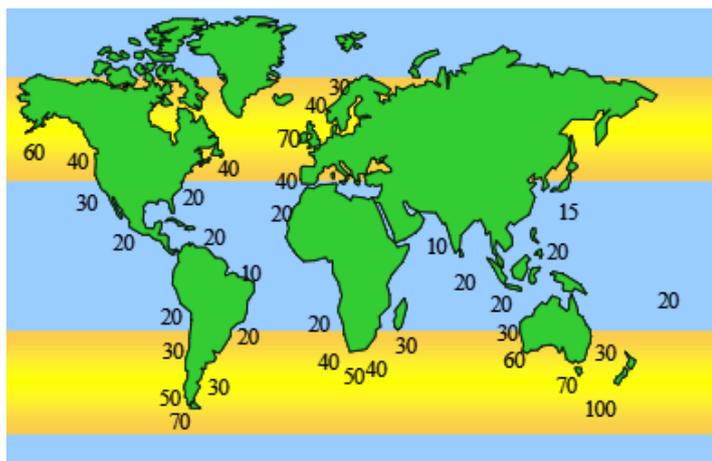


Figura 1 – Distribuição do fluxo médio anual de energia das ondas em kilowatt por metro de crista de onda

Fonte: (WAVE ENERGY CENTRE, 2004)

A primeira usina do mundo a utilizar a energia do oceano foi uma usina maremotriz construída na França, em La Rance, em 1966. A usina conta com 24 turbinas, cada uma com 5,3 metros de diâmetro, 470 toneladas e potência unitária de 10 megawatt, o que totaliza um pico de geração de 240 megawatt e uma produção anual de quase 600 gigawatt-hora.



Figura 2 – Vista aérea da Usina de La Rance

Fonte: (WIKIPEDIA, 2021)

A barragem tem comprimento total de 750 metros, e levou 20 anos para pagar o custo de implantação, estimado em 94,5 milhões de euros (2021). A área total inundada é de 22,5 quilômetros quadrados, e a diferença entre o nível do mar na maré alta e na maré baixa chega ao máximo de 13 metros, sendo mais provável em torno de 8 metros.

Além da França, a energia dos oceanos também já é utilizada no Japão, na Inglaterra, na Coreia do Sul e nos Estados Unidos, tendo vários projetos em andamento ao redor do mundo.

2.2. Potencial de Utilização no Brasil

Segundo o Balanço Energético Nacional (EPE, 2021), o Brasil possui 174 megawatt de capacidade total instalada de geração de energia, com uma predominância de energia hidrelétrica, não incluindo mini e micro geração.

De acordo com o professor de engenharia oceânica da UFRJ, considerando apenas a região costeira, o país teria um potencial energético total de 120 gigawatt no oceano. Todavia, todo este potencial não poderia ser utilizado, pois deve-se considerar as rotas marítimas, as bases militares, os locais de pesca e lazer. Assim, o potencial ficaria próximo de 30 gigawatt ou 40 gigawatt, equivalente a cerca de um quinto da capacidade atual do país e a região mais apropriada para este aproveitamento abrange desde o Maranhão até o norte do país (MALAR, 2021).

Um processo importante para melhorar a eficiência da geração de energia pelos oceanos e reduzir custos é o desenvolvimento de pesquisas com protótipos, testando novas técnicas e ideias para tornar os projetos viáveis. O Brasil desenvolveu um protótipo de usina de ondas, que também foi o primeiro na América Latina, instalado no quebra-mar do Porto de Pecém, no Ceará. O projeto foi desenvolvido pelo COPPE, órgão complementar da UFRJ, com o apoio do governo do Ceará e financiamento da Tractebel Energia a partir de um programa da Aneel com um custo total de R\$ 14,4 milhões de reais.

O conceito desenvolvido é baseado no princípio de armazenamento de água sob alta pressão numa câmara hiperbárica, obtida pelo bombeamento realizado pela ação das ondas nos flutuadores. A câmara que libera jato d'água, com pressão e vazão controlados por uma válvula reguladora, aciona uma turbina acoplada a um gerador que produz eletricidade. Esta câmara é previamente pressurizada com gás nitrogênio, contendo certa proporção de volume de água, caracterizando um acumulador hidráulico.

Cada unidade de bombeamento, com 50 kilowatts de potência, possui um flutuador, um braço, uma estrutura de fixação e uma bomba. A pressão equivale a uma queda d'água similar à de grandes hidrelétricas, com 400 metros de altura, porém não é necessário ocupar uma grande área de extensão como exigem as hidrelétricas, sendo uma das principais vantagens.

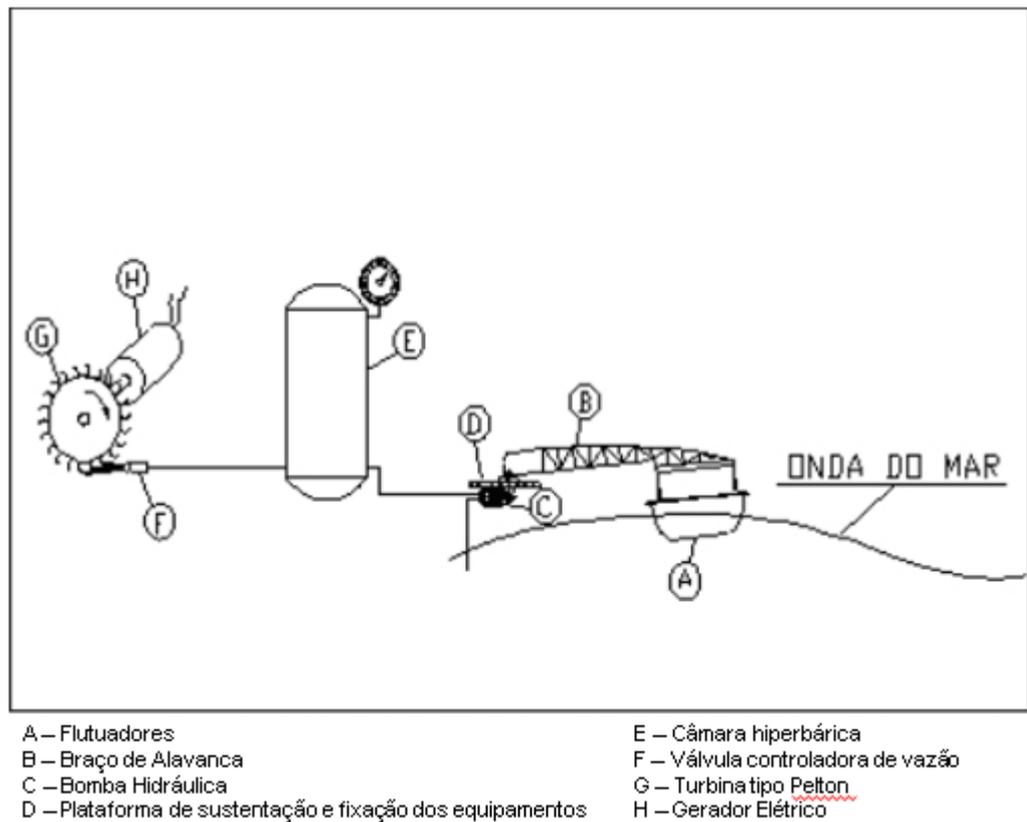


Figura 3 – Esquema do Sistema do Porto de Pecém

Fonte: Adaptado de (ESTEFEN, 2006)

O local foi escolhido por ser considerado com bom potencial, onde o mar apresenta uma profundidade média de 17 metros, com ondas médias de 1,4 metros e períodos médios de 7,53 segundos. O projeto conta com duas unidades e, por ser modular, apresenta a possibilidade de ampliação.



Figura 4 – Protótipo de usina de ondas de Pecém

Fonte: (MALAR, 2021)

O protótipo permaneceu em funcionamento durante 2 anos, sendo finalizado em 2014 com a retirada dos equipamentos. O laboratório da UFRJ continua os estudos sobre a energia dos oceanos e o Porto de Pecém manteve o interesse no potencial de tal energia. O porto desenvolve, em 2021, estudos para uma parceria com uma empresa israelense, que pode resultar na construção de geradores com potencial de 8 megawatt, equivalente a 60% da demanda média mensal do complexo. O complexo e a empresa já assinaram um memorando, partindo para uma nova fase de estudos de viabilidade.

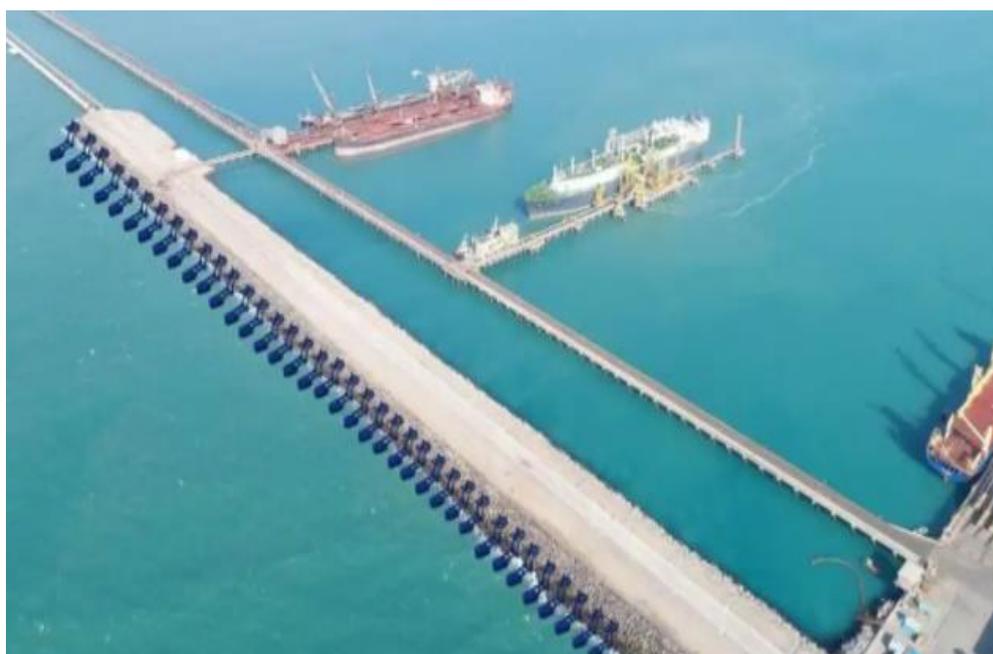


Figura 5 – Imagem ilustrativa do plano de instalação da usina de ondas

Fonte: (MALAR, 2021)

2.3. Vantagens e Desvantagens

Como toda fonte de energia, a dos oceanos também apresenta vantagens e desvantagens quanto ao seu uso. Segundo o Planeta COPPE (ESTEFEN, 2006), o aproveitamento desta fonte se dá em termos de acessibilidade, aceitabilidade e disponibilidade, pois o recurso é inesgotável, além de ser uma fonte renovável.

Por outro lado, o fornecimento da energia que depende do oceano não é contínuo, podendo apresentar baixo rendimento, pois são necessárias algumas condições de amplitude de ondas ou de velocidade das correntes como citado anteriormente. Além disso, como muitas outras energias, o ambiente é afetado, principalmente a fauna marinha, e o custo inicial da utilização desta fonte de energia é alto.

3. Usina de dessalinização utilizando energia do oceano

Dessalinizar a água significa remover o sal da água do mar ou da água salina a fim de aproveitar este recurso quase inesgotável que são os oceanos. De acordo com a Associação Internacional de Dessalinização, 183 países já utilizam esta ideia para obter água potável, totalizando 91.419.433 metros cúbicos por dia de capacidade total de reutilização de água (ASSOCIATION, 2021).

O funcionamento de uma usina de dessalinização ocorre em algumas etapas, primeiro deve-se captar a água do oceano por bombeamento, depois deve-se executar o devido tratamento desta água, normalmente por osmose reversa, para a remoção dos sais, e por fim fazer a disposição de rejeitos.

Esta última etapa é essencial para não impactar negativamente o meio ambiente, pois a alta concentração de sais pode ser tóxica para a vida marinha, ou seja, não se deve devolver aos cursos d'água diretamente. Existem várias técnicas para tal, como bacias ou lagoas de evaporação, concentração e cristalização de salmoura, e redução do volume do rejeito por plantas aquáticas em tanques e bacias de percolação, as quais acumulam grandes quantidades de sais em seu interior, como as halófitas (ASSEBURG, 2019).

Rodríguez (GARCÍA-RODRÍGUEZ, 2003) descreveu as tecnologias utilizadas para integrar sistemas de energia renovável e usinas de dessalinização. As mais utilizadas são a destilação de multiefeito (MED), a destilação de multiestágio (MSF), compressores de vapor térmico (TVC), compressão de vapor mecânico (MVC), osmose reversa (RO) e reversão de eletrodialise (EDR).

Os parâmetros operacionais das destilações de multiefeito e de multiestágio são temperatura e pressão, que diminuem em várias etapas. A osmose reversa utiliza uma membrana semipermeável para separar a água dos sais dissolvidos, aplicando o gradiente de pressão dos dois lados da membrana. Assim, apenas a energia elétrica ou de eixo é necessária para pressurizar o circuito de dessalinização hidráulica.

Utilizar a energia do oceano para usinas de dessalinização traz várias vantagens, incluindo a disponibilidade de uma produção mais regular em relação ao vento, ausência do uso do solo para a instalação dos conversores de energia e o grande potencial energético, especialmente em pequenas ilhas (FRANZITTA et al., 2016).

Um exemplo de projeto piloto de dessalinização (DPP) com base na fonte de onda foi instalado em Garden Island, na parte ocidental da Austrália, já finalizado em 2017. Este sistema foi desenvolvido como uma continuação do Projeto Perth, realizado pela Carnegie Wave Energy Limited. O dispositivo chamado CETO era composto por uma boia que oscilava em harmonia com as ondas, transferindo energia por meio de uma corda de grau marinho e fazendo com que a bomba se estendesse e se contraísse. Desta forma, a bomba pressuriza o fluido, enviando o mesmo para a usina de dessalinização de osmose reversa (RO) por meio de uma tubulação submarina que produz água com uma capacidade de 150 metros cúbicos por dia.



Figura 6 – Tecnologia do CETO e o Projeto piloto de dessalinização (DDP)

Fonte: Adaptado de (FRANZITTA et al., 2016)

4. Pré-dimensionamento

Entre as tecnologias em desenvolvimento para uma usina de ondas, o protótipo construído pela COPPE/UFRJ, foi avaliado com vistas a identificar a sua competitividade com as tecnologias que estão num estágio de desenvolvimento mais avançado (ASSIS, 2010).

Jones (SILVA, 2012) propôs a localização para uma usina de ondas de 12 quilômetros de extensão conforme a Figura 7 abaixo, podendo se situar em qualquer local da costa do município de Mostardas, pois essa é uma região com poucas habitações e pouco desenvolvida. Desta forma escolheu-se a região mais ao norte do município de Mostardas em virtude de sua proximidade com a área urbana dos principais municípios do litoral norte, reduzindo os custos devido à distância.

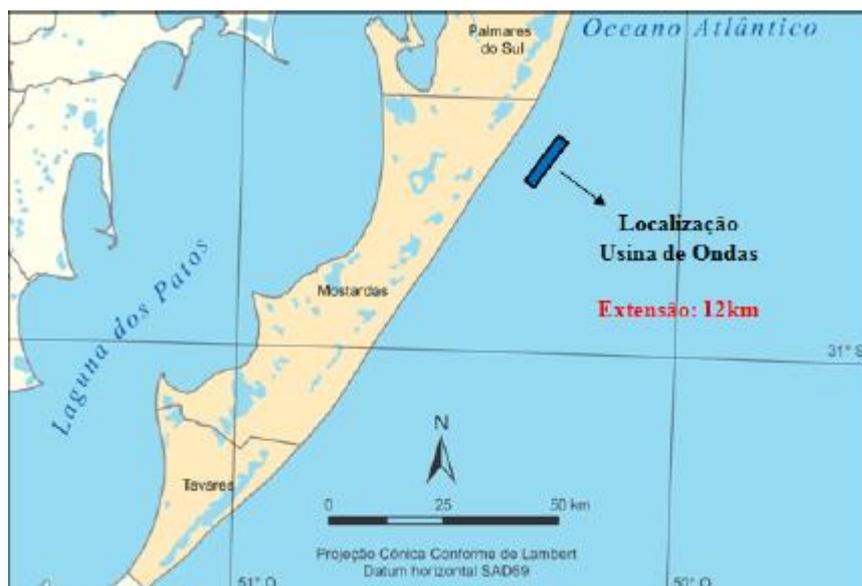


Figura 7 – Sugestão de localização da usina de ondas

Fonte: (SILVA, 2012)

As médias mensais do potencial energético das ondas oceânicas calculadas segundo os dados de Tramandaí/RS estão apresentados no gráfico 2 abaixo, enfatizando que o valor médio anual da potência para o recurso de ondas foi de 12 kilowatts por metro.

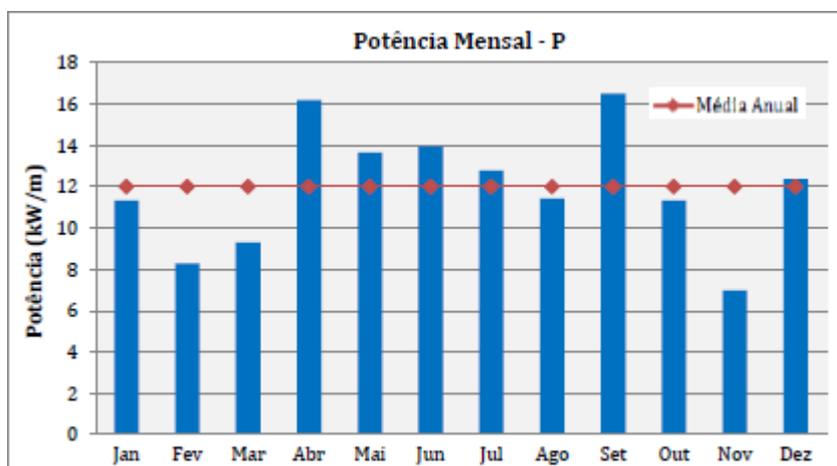


Gráfico 2 – Médias mensais do potencial energético das ondas do mar para o litoral norte do RS.

Fonte: (SILVA, 2012)

Apesar do resultado encontrado para o potencial energético das ondas possuir como origem dados da região de Tramandaí, pode-se afirmar que, com base em estudos anteriores, a costa de todo o litoral do RS, formada por uma grande planície, apresenta uma grande similaridade em seu potencial energético. O comportamento do clima de ondas de Rio Grande a Tramandaí é bastante similar (STRAUCH et al., 2009).

Considerando esta usina de ondas com 12 quilômetros de extensão, potencial de 12 kilowatts por metro e uma eficiência de 40%, a potência total desta usina instalada ficaria em 57.600 kW, conforme equação abaixo.

$$12 \frac{kW}{m} \times 12.000 \text{ m} \times 0,4 = 57.600 \text{ kW}$$

Para uma planta de dessalinização por osmose reversa de água do mar, o consumo de energia varia de acordo com a salinidade da água, em relação ao teor de sólidos que devem ser removidos, e a temperatura de operação (KIM et al., 2019). Baseado neste estudo, o custo por m³ de água produzida varia de 2,5 a 4 kilowatt-hora (KIM et al., 2019).

O consumo médio per capita de água da população do Rio Grande do Sul gira em torno de 150 litros por habitante por dia (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020). Para uma população estimada de 1 milhão de pessoas no litoral norte, incluindo fixa e flutuante, seriam necessários 187.500 metros cúbicos por dia considerando uma perda de 25% no sistema de distribuição de água conforme equação a seguir.

$$\left(\frac{0,15m^3}{dia} \cdot hab \times 1.000.000 \text{ hab} \right) \times 1,25 = 187.500 \text{ m}^3/dia$$

Portanto, para fornecer água potável para esta população é necessário diariamente 750.000 kilowatt-hora, o que equivale a uma potência de aproximadamente 31.250 kilowatt, de acordo com as equações abaixo. Uma vez que a água produzida pode ser bombeada para abastecer indivíduos e reservatórios públicos, a demanda de água é considerada constante ao longo do dia.

$$4 \text{ kWh} \times 187.500 \text{ m}^3/dia = 750.000 \text{ kWh}$$

$$\frac{750.000 \text{ kWh}}{24h} = 31.250 \text{ kW}$$

Considerando a potência fornecida pela usina de ondas de 57.600 kilowatt e a potência de 31.250 kilowatt para abastecer uma população de 1 milhão de pessoas, pode-se calcular uma estimativa de quantas pessoas seriam beneficiadas no total com esta planta de dessalinização utilizando a energia de ondas, de acordo com a equação abaixo.

$$\frac{57.600 \text{ kW}}{\frac{31.250 \text{ kW}}{1.000.000 \text{ hab}}} = 1.843.200 \text{ habitantes beneficiados}$$

Este resultado de 1.843.200 habitantes beneficiados representa cerca de 84,32% a mais do que a população de 1 milhão estimada para a região, ou seja, existe uma folga importante para atender a demanda futura além da já existente.

5. Considerações Finais

Este estudo avaliou um pré-dimensionamento de uma usina de dessalinização utilizando a energia dos oceanos no litoral do Rio Grande do Sul, obtendo um resultado acima do esperado, abastecendo uma população 84,32% maior do que a atual, considerando populações fixa e flutuante.

O uso combinado de usinas de dessalinização e energia de fontes alternativas é uma estratégia importante para garantir o abastecimento constante de água para a população atual e para a futura. Esta ideia permite também a redução da emissão de carbono na atmosfera, que é uma preocupação persistente no Brasil.

Geralmente projetos diferenciados possuem custos altos no país, tornando-os inviáveis economicamente. Sendo assim, ampliar os estudos sobre este assunto através de protótipos, valorizando os recursos que o Brasil possui, torna-se uma etapa de extrema importância para cobrir as demandas das populações atual e futura a fim de que nem o país nem a sua população sofra com a falta da oferta de recursos essenciais como energia e água potável.

Para a continuação deste trabalho, pode-se: estudar o sistema para toda a costa brasileira; fazer uma simulação de diferentes cenários comparando diferentes fontes de energia; estimar os devidos custos para a construção do sistema comparando com outros já existentes; estudar os impactos ambientais no critério de seleção de alternativas.

6. Referências

ANA. **Água no mundo**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 11 out. 2021.

ASSEBURG, M. **Dessalinização da água**. Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/dessalinizacao-da-agua/>>. Acesso em: 24 out. 2021.

ASSIS, L. **Avaliação e Aproveitamento da Energia de Ondas Oceânicas no Litoral do**

Rio Grande do Sul. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

ASSOCIATION, T. I. D. **The Internacional Desalination Association.** Disponível em: <<https://idadesal.org/>>. Acesso em: 24 out. 2021.

EPE. **Balço Energético Nacional.** [s.l.] Ministério de Minas e Energia, 2021.

ESTEFEN, S. **Geração de Energia Elétrica pelas Ondas do Mar.** Disponível em: <<https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/geracao-de-energia-eletrica-pelas-ondas-do-mar-0>>. Acesso em: 21 out. 2021.

FRANZITTA, V. et al. The desalination process driven by wave energy: A challenge for the future. **Energies**, v. 9, n. 12, p. 1–16, 2016.

G1. **Usina de Dessalinização em Barcelona.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2014/09/usina-torna-potavel-agua-do-mar-e-da-fim-problema-em-barcelona.html>>. Acesso em: 14 set. 2021.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, L. Renewable energy applications in desalination: State of the art. **Solar Energy**, v. 75, n. 5, p. 381–393, 2003.

KIM, J. et al. **A comprehensive review of energy consumption of seawater reverse osmosis desalination plants** *Applied Energy*, 2019.

MALAR, J. P. (CNN). **Como ondas e marés podem gerar energia no Brasil.** Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/entenda-como-ondas-e-mares-podem-gerar-energia-no-brasil/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos serviços de água e esgoto - 2019. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS**, v. 44, n. 8, p. 1689–1699, 2020.

SILVA, J. S. **Viabilidade de geração de energia elétrica através de ondas oceânicas no litoral norte do Rio Grande do Sul : estudo de um sistema híbrido de energias renováveis.** [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

STRAUCH, J. C. et al. O Padrão das Ondas de Verão e Outono no Litoral Sul e Norte do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 4, p. 29–37, 2009.

WAVE ENERGY CENTRE. **Potencial e Estratégia de desenvolvimento da energia das ondas em Portugal.** 0.1 ed. [s.l.: s.n.].

WIKIPEDIA. **Rance Tidal Power Station**. Disponível em:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Rance_Tidal_Power_Station>. Acesso em: 20 out. 2021.