

ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NO DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA ENERGIA DAS ONDAS DO MAR

60

HELOIZA SALVADOR¹
MAYUMI KURIYAMA DE LIMA²
DAVI PAULA DA SILVA³
MATEUS DAS NEVES GOMES⁴
FERNANDA DE SOUZA SEZERINO⁵

RESUMO

Sabe-se que um dos problemas que mais assolam a humanidade se reflete, em grande parte, na utilização da natureza como um recurso inesgotável, especialmente para a geração de energia. Entende-se que os oceanos possuem um excelente potencial energético pouco explorado até o momento. A presente pesquisa tem como objetivo mapear a produção científica mundial no que tange o desenvolvimento de estudos ambientais acerca da energia das ondas do mar. Para isso, realizou-se uma análise bibliométrica e revisão sistemática, adotando o *Methodi Ordinatio*. A escolha dessa metodologia se dá pelo fato que nela é empregada uma equação na qual se apresentam as variáveis relevantes. Os três principais fatores sob avaliação em um artigo são o fator de impacto, o ano de publicação e o número de citações. A partir deles é possível identificar, entre os trabalhos selecionados, os mais relevantes para uma carteira bibliográfica. Observou-se, após a aplicação do método, que há um crescimento nas publicações de pesquisas em 2010, porém que não se manteve no decorrer dos anos seguintes. Logo, comprovou-se a importância de novas pesquisas que buscam contribuir para satisfazer a alta demanda que a matriz energética vem exigindo. Contudo, é necessário que estes estudos explorem as análises dos impactos ambientais que essa nova fonte de energia pode causar, visando os três pilares do desenvolvimento sustentável: econômico, ambiental e social.

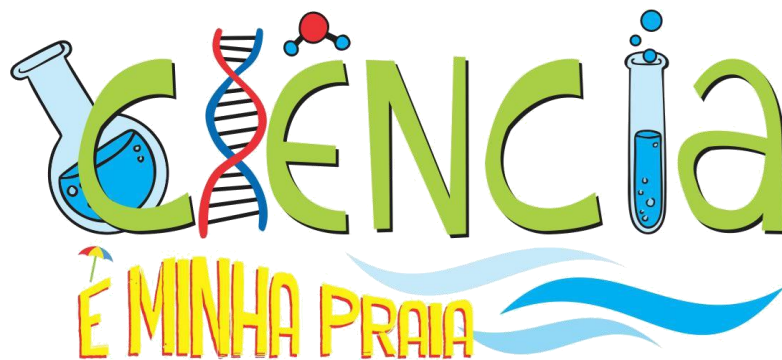
1 Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente do Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá.
e-mail: heloizasalvador@gmail.com

2 Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente do Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá.
e-mail: mayumi-mi@hotmail.com

3 Aluno do Curso Técnico em Meio Ambiente do Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá.
e-mail: davipaulasilva@hotmail.com

4 Doutor em Engenharia Mecânica (UFRGS). Diretor geral e Docente do Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá
e-mail: mateus.gomes@ifpr.edu.br

5 Gestora Ambiental e Mestre com distinção em Desenvolvimento Territorial Sustentável pela UFPR. Docente do Instituto Federal do Paraná – Campus Paranaguá.
e-mail: fernanda.sezerino@ifpr.edu.br



Palavras-chave: Análise bibliométrica. Energia das ondas do mar. Impactos ambientais. *Methodi Ordinatio*. Revisão sistemática.

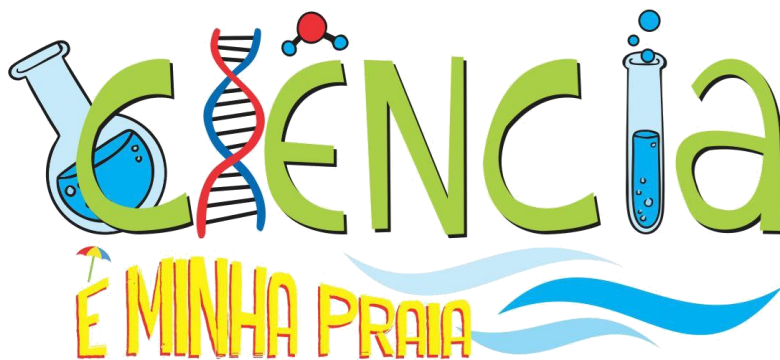
1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido a partir das constantes análises e, principalmente, vivências em sala de aula ao longo do curso Técnico em Meio Ambiente, as quais demonstram que em relação às fontes de energia há uma crescente demanda energética no mundo somada com a realidade do esgotamento dos combustíveis fósseis. É de notório saber que um dos problemas que mais assolam a humanidade se reflete, em grande parte, na utilização dos recursos naturais de forma insustentável, ignorando sua finitude. Analogicamente, pensa-se na natureza como um banco econômico que realiza altos empréstimos ao ser humano, e, aos poucos, vai sendo gradativamente esgotada. Neste mesmo cenário contemporâneo, encontra-se uma prática muito usual e corriqueira: a extração de energia, através do sol, dos ventos e de outras diversas fontes de extração alternativas.

Entende-se que os oceanos possuem um excelente potencial energético, contudo, ainda pouco explorado até o momento. Neste contexto, esta pesquisa visa mapear estudos sobre os impactos ambientais que os dispositivos conversores de energia das ondas do mar em energia elétrica causam, tendendo ao encontro da necessidade cada vez mais acentuada por parte da população mundial.

Diante de tal problemática, tem-se por objetivo realizar uma análise bibliométrica e revisão sistemática, adotando o *Methodi Ordinatio*, acerca dos estudos já realizados sobre impactos ambientais gerados pela transformação de energia maremotriz em energia elétrica por meio de dispositivos conversores. Esse estudo bibliométrico procura abranger de forma sistemática tudo o que já foi produzido pela comunidade acadêmica e científica mundial nessa área. Para isso, as buscas foram realizadas na base de dados da *Scopus*.

Em linhas gerais, a realização desse levantamento de literatura contribui para uma melhor compreensão acerca da temática central, apontando iniciativas que estão sendo desenvolvidas e pensadas a respeito do assunto, auxiliando em novas linhas de pesquisas e



apresentando os mais representativos nomes e grupos de pesquisas sobre este tema. Neste sentido, fica evidente a necessidade da existência de grandes estudos promovendo fontes de energias alternativas e, principalmente, cujo impacto ambiental não possua um grau elevado.

2 METHODI ORDINATIO

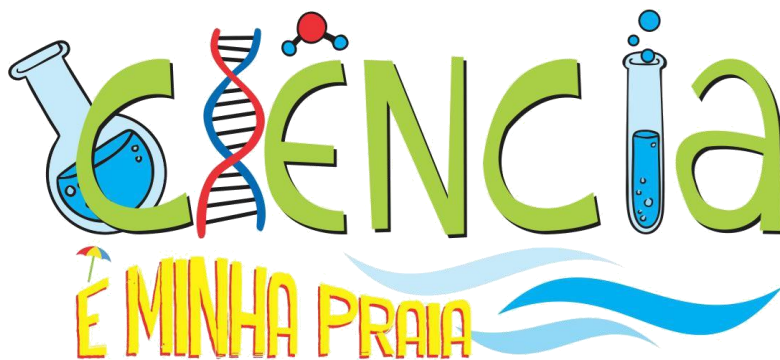
Para a realização dos estudos da produção científica na área, foram utilizados os métodos de análise bibliométrica e revisão sistemática, adotando o *Methodi Ordinatio*. A escolha dessa metodologia se dá pelo fato que nela é empregada uma equação na qual apresenta como variáveis relevantes: o ano de publicação do artigo, o seu número de citações e o fator de impacto da revista em que ele foi publicado.

A metodologia empregada é composta por nove etapas, descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Passos da metodologia *Methodi Ordinatio*.

<i>Passo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Definição prévia</i>
1	Estabelecer as palavras-chave que serão utilizadas em todas as bases pesquisadas.	“Environmental impact of ocean wave energy”.
2	Identificar as bases de pesquisas que serão utilizadas.	Scopus.
3	Definir a combinação dos demais atributos de pesquisa que serão utilizados, como por exemplo, período da publicação, idioma e tipo (artigo, livro etc.).	Artigos em inglês.
4	Realizar a busca inicial e registrar o resultado obtido.	301 artigos encontrados.
5	Realizar um procedimento de filtragem desconsiderando as publicações repetidas e que não estejam relacionadas com o tema.	Utilização dos softwares Zotero e JabRef.
6	Identificar fator de impacto, ano de publicação e número de citações para cada artigo.	Fator de impacto: SJR; Nº de citações: Google Scholar.
7	Aplicar a equação <i>In Ordinatio</i> para classificar os artigos por relevância.	n/a
8	Encontrar os trabalhos completos para posterior leitura detalhada.	Apenas os 10 primeiros classificados pela equação.
9	Ler e analisar sistematicamente os artigos de melhor classificação.	n/a

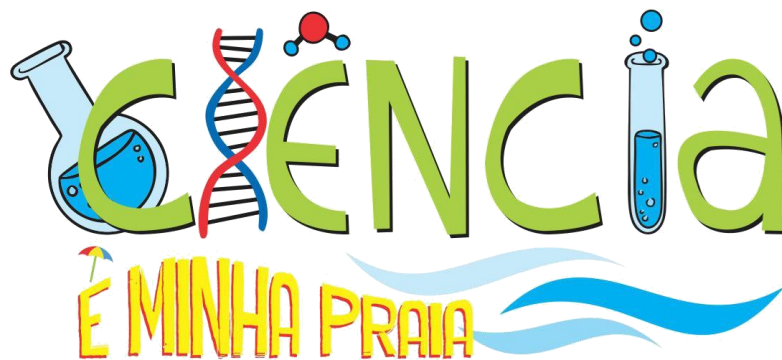
Fonte: Os autores (2019).



Após a realização da busca a partir das palavras-chave estabelecidas na base de dados Scopus, foram encontrados 308 artigos em inglês. Para filtrar esses artigos, excluindo publicações repetidas ou que não estejam relacionadas ao tema abordado, foram utilizados dois softwares que auxiliaram nessa etapa, o JabRef e o Zotero. Tanto o JabRef quanto o Zotero são softwares de gerenciamento de referências bibliográficas que utilizam a tecnologia para armazenamento de dados utilizados relacionados a pesquisas, substituindo as anotações manuais, o que permite uma confiança sobre o armazenamento dessas informações. O JabRef ainda permite a transformação dos dados armazenados para planilhas, essa ferramenta foi utilizada nesta pesquisa. Nessa planilha, foram identificados os fatores atribuídos ao *Methodi Ordinatio* como o fator de impacto do artigo, que pode ser encontrado no próprio site da Scopus, o ano de publicação e o número de citações que foram pesquisados no Google Acadêmico, além do nome do artigo, autores, afiliações e país de publicação. Não houve nenhum artigo repetido ou fora do contexto, por este motivo, os 308 artigos foram trabalhados.

Com a planilha criada, o primeiro passo consistiu no preenchimento da coluna referente ao número de citações de todos os artigos que serviu como um método de filtração, feito isso, foram selecionados apenas os 50 artigos mais citados. Na etapa seguinte, foram preenchidos os dados restantes da planilha para geração do índice *InOrdinatio*, estabelecida por uma equação que classifica os artigos por ordem de relevância. Após o preenchimento completo da planilha, houve uma segunda seleção de artigos, na qual apenas os 10 maiores valores do índice foram eleitos para serem trabalhados posteriormente.

Nos últimos anos, ocorreu um aumento considerável em relação às publicações de artigos nas bases científicas, conseqüentemente o número de revistas também, o que tornou o trabalho extenso, tomando a maior parte do tempo de pesquisa. Não só é uma tarefa demorada, mas também requer critérios adequados, uma vez que os pesquisadores precisam eleger sistematicamente os trabalhos mais relevantes da literatura. A metodologia *Methodi Ordinatio* apresenta critérios para seleção de artigos científicos empregando uma adaptação do *ProKnow-C* para a seleção de publicações e o *InOrdinatio*, que é um índice de



classificação por relevância os trabalhos selecionados (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE; 2015).

64

Este índice é calculado pela Eq. 1, que cruza os três principais fatores sob avaliação em um artigo: fator de impacto, ano de publicação e número de citações, identificando entre os trabalhos selecionados os mais relevantes para sua carteira bibliográfica.

$$InOrdinatio = (IF/1000) + \alpha \times [10 - (ResearchYear - PublishYear)] + \sum C_i \quad (1)$$

Onde IF é o fator de impacto da revista; α é um valor que varia de 1 a 10 atribuído para o ano de publicação dos artigos, quanto mais próximo de 10 mais importância será dada a artigos publicados recentemente e; C_i é o número de citações que esse artigo possui. Na presente pesquisa, o valor utilizado para α é 5 pois o ano de publicação dos trabalhos não é relevante para que o objetivo da pesquisa seja concluído.

3 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A fim de analisar a produção científica no que tange o desenvolvimento de estudos ambientais acerca da energia das ondas do mar, utilizou-se o *Methodi Ordinatio* para realizar o mapeamento da produção ao longo dos anos, bem como as universidades e os autores que pesquisam a área. Na Figura 1, apresenta-se a curva característica que representa o número de publicações de pesquisas ao longo dos anos, sendo que a primeira pesquisa na área foi desenvolvida em 1992 e a última, até o presente momento, foi em 2016.

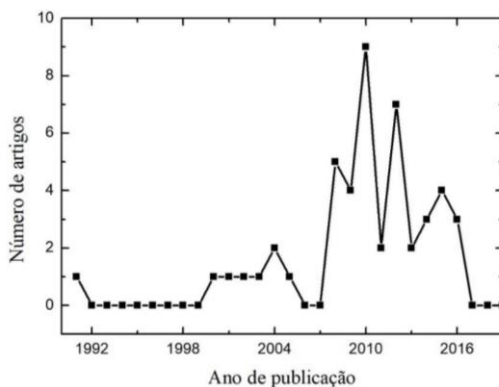
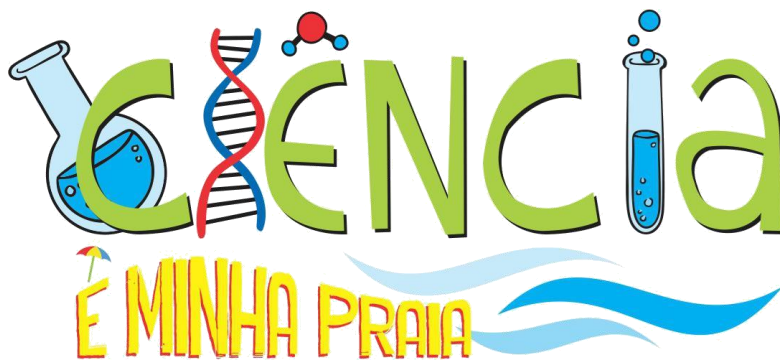


Figura 1 – Curva de produção científica ante os impactos ambientais causados pela energia das ondas do mar para os cinquenta artigos mais citados.
 Fonte: Os autores, 2019.

Percebe-se que há um crescimento nas publicações de pesquisas em 2010, porém que não se manteve no decorrer dos outros anos. Esse pico de pesquisas pode ser justificado pelo acelerado crescimento do consumo mundial de energia associado às incertezas quanto ao suprimento das necessidades futuras (BARROS, 2007).

A análise da distribuição de pesquisas por cada país também se faz importante, onde, a partir desses dados, pode-se observar que grande parte das nações que estão nessa corrida contra o tempo são os países considerados desenvolvidos. A distribuição da produção científica por país encontra na Figura 2.

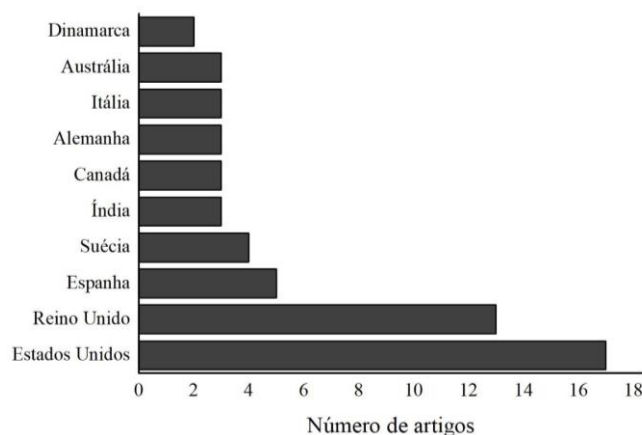
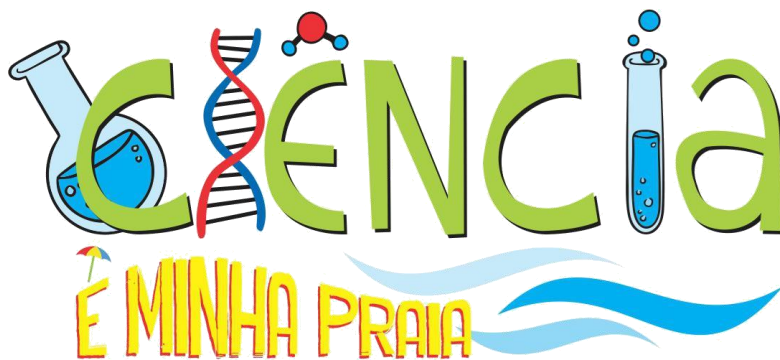


Figura 2 – Gráfico que representa os dez países que mais desenvolveram estudos acerca da temática.
 Fonte: Os autores, 2019.



De forma similar, mapear as universidades que têm publicações científicas constantes contribui para a descoberta de grupos de pesquisas que intensificam os trabalhos na área. Observa-se, na Figura 3, as universidades que mais possuem produções científicas no desenvolvimento de pesquisas acerca dos impactos ambientais que a energia das ondas do mar pode ocasionar.

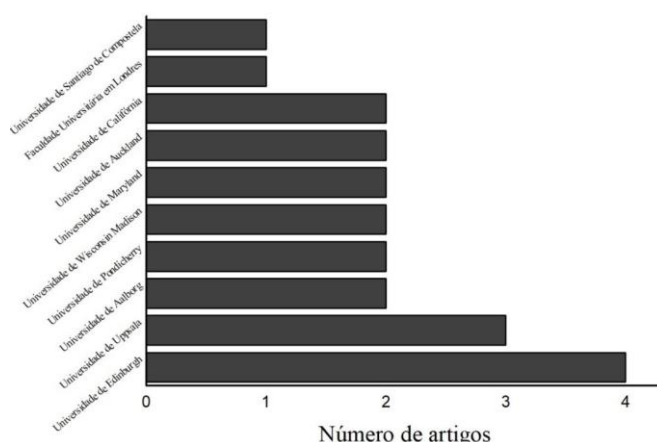


Figura 3 – Gráfico que representa as dez universidades que mais desenvolveram estudos na área.
Fonte: Os autores, 2019.

Também, foram analisados os pesquisadores mais influentes no desenvolvimento desses estudos, apresentados na Figura 4.

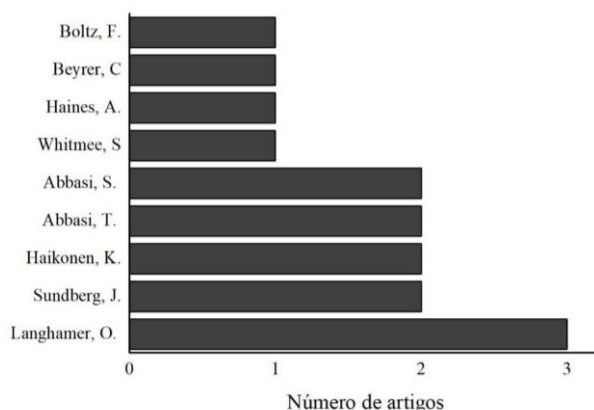
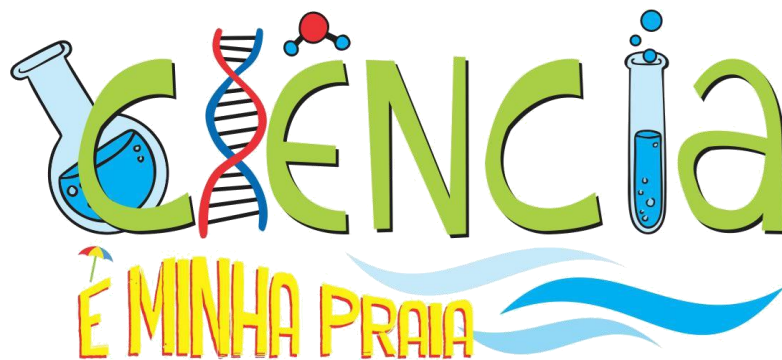


Figura 4 – Gráfico que representa os nove pesquisadores que mais desenvolveram estudos na área.
Fonte: Os autores, 2019.



4 REVISÃO SISTEMÁTICA

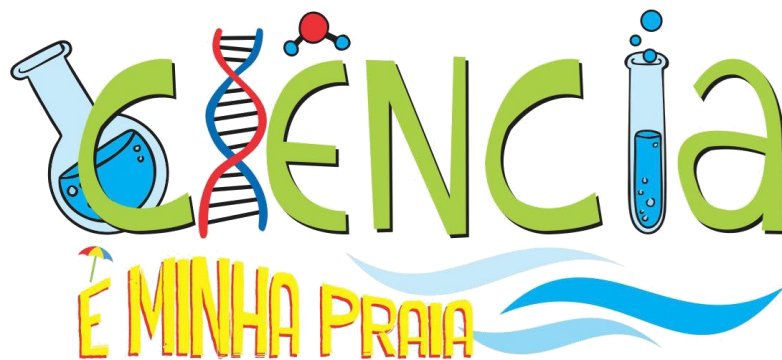
A análise qualitativa dos estudos demonstrou que a energia a partir das ondas do mar apresenta diversos aspectos positivos, comparado com as fontes de energia não renováveis. Os pesquisadores ressaltam a importância de novas pesquisas em busca de alternativas menos poluentes, a partir de fontes renováveis e com impactos socioambientais menos significativos.

Os autores Whitmee *et al.* (2015) questionam sobre a atual saúde humana e defendem a ideia que ela está sendo vendida em troca de ganhos econômicos e de desenvolvimento. Com isso, as implementações de novas tecnologias inteligentes seriam as possíveis soluções para tal problemática questionada.

Boehlert e Gill (2010), Iglesias *et al.* (2009) e Langhamer, Haikonen e Sundberg (2010) afirmam que a energia renovável apresenta a isenção de CO₂ como vantagem significativa, além de apresentar alto fator de carga e baixo impacto visual e ambiental. Em contrapartida, existe uma incerteza em relação aos impactos ambientais negativos, uma vez que o dispositivo mencionado foi pouco implantado e testado. Para isso, realizaram-se testes, (projeto Lykesil e potencial energético de Galiza) a fim de avaliar impactos ambientais, e conclui-se que alguns deles são inevitáveis, como por exemplo a preocupação com o emaranhamento, mudanças de habitat e mudanças na comunidade marinha. Contudo, podem ser minimizados por meio do desenvolvimento cuidadoso dos dispositivos e da seleção correta dos locais de implantação.

O projeto Lysekil, citado por Langhamer, Haikonen e Sundberg (2010) com Leijon *et al.* (2008) como exemplo de pesquisa nessa área de fonte de energia renovável proveniente das ondas do mar, é um estudo realizado pelo Centro de Conversão de Energia Elétrica Renovável da Universidade de Uppsala, que conta com instalações elétricas e mecânicas, além da preocupação com as questões ambientais, através da utilização de boias para estudos de impactos ambientais.

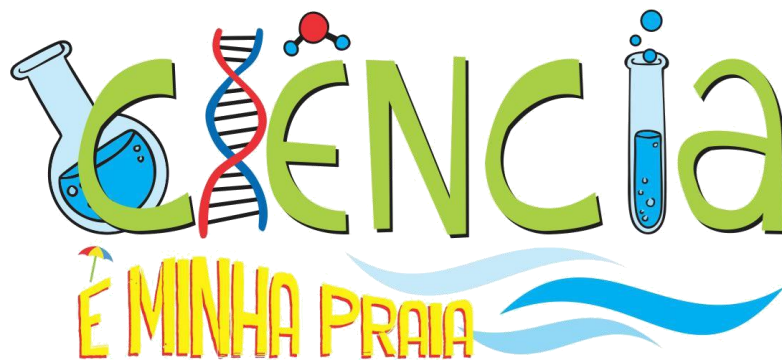
Iglesias *et al.* (2009) apresentaram um estudo sobre o potencial energético de Galiza, frente ao Atlântico, no extremo noroeste da Península Ibérica, tendo como base em dados de três horas de um modelo de ondas oceânicas de terceira geração (WAM) para o período 1996-



2005. A pesquisa apresentou a transformação do campo de ondas offshore à medida que se propaga para esta área, sendo calculada por meio de um modelo de ondas nearshore (SWAN). Em contraposição, o trabalho de Smith, Pearce e Millar (2012) considera uma visão irrealista na utilização de modelos espectrais como o SWAN, quando analisado o comportamento dos conversores de energia das ondas reais. Millar, Smith e Reeve (2007) modificaram o modelo SWAN e o usaram para estimar como as previsões de impacto, que normalmente ocorrem nos estados do mar, podem diferir ao usar transmissão de energia de onda dependente da frequência em vez da constante, com referência de um estudo anterior usando o código não modificado.

Rourke, Boyle, e Reynolds (2009) informam que na Irlanda, há uma meta indicando que, até 2020, 1/3 da energia consumida pelo país será gerada a partir de fontes de energia renováveis como tecnologias de biomassa, oceânica e eólica, citada por Premalatha *et al* (2014) como a principal fonte de energia renovável, apresentando o menor impacto ambiental. Isso trará um avanço para a Irlanda, que ganhará destaque por apresentar um desenvolvimento sustentável, além da minimização das problemáticas ambientais relacionadas com a questão de energia. Isso evidencia a importância dessa fonte de energia renovável.

Os autores Cada *et al* (2007) e Yuce e Muratoglu (2015) evidenciam a importância do dispositivo hidro cinético, conversor de energia hídrica e das ondas em eletricidade. Nas últimas décadas, o interesse por esse dispositivo vem conquistando esferas mundiais. Os interesses apresentam quatro finalidades, sendo duas voltadas para questões ambientais, como a investigação de problemas ambientais e medidas de mitigação e, a outra, uma listagem de soluções para os problemas não solucionados. Yuce e Muratoglu (2015) detalham questões como a tecnologia aplicada, princípios de trabalho, potencial das fontes, vantagens e desvantagens, e, por último e não menos importante, os possíveis impactos ambientais.



5 CONCLUSÃO

69

O desenvolvimento de pesquisas de análise bibliométrica e revisão sistemática integrada, de maneira coesa, grande parte dos trabalhos científicos desenvolvidos, trabalha com dados precisos e proporciona conclusões a partir de dados quantitativos e qualitativos.

A partir deste trabalho, comprova-se a importância de novas pesquisas que buscam contribuir na busca por fontes de energias alternativas a fim de satisfazer a alta demanda que a matriz energética vem exigindo. Os estudos de dispositivos alternativos e suas implementações para a geração de energia é emergente, comparando o número de pesquisas no intervalo de tempo de três décadas. Contudo, é necessário que os estudos sobre os impactos ambientais negativos que essa nova energia pode causar cresçam de maneira conjunta, como ficou evidenciado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

BARROS, E. V. A matriz energética mundial e a competitividade das nações: bases de uma nova geopolítica. **Engevista**, v. 9, n. 1, 2007.

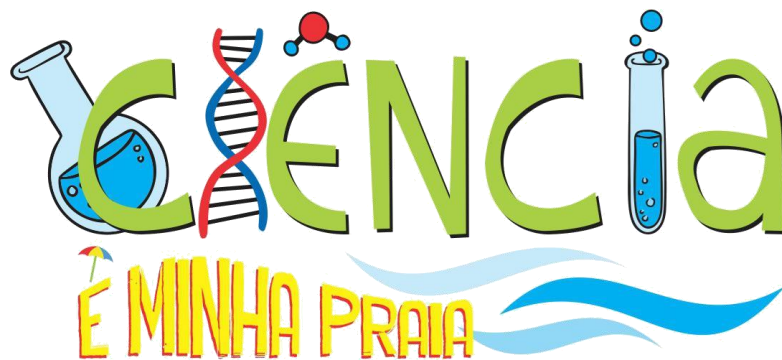
BOEHLERT, G. W.; GILL, A. B. Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development: a current synthesis. **Oceanography**, v. 23, n. 2, p. 68-81, 2010.

CADA, G. *et al.* Potential impacts of hydrokinetic and wave energy conversion technologies on aquatic environments. **Fisheries**, v. 32, n. 4, p. 174-181, 2007.

IGLESIAS, Gregorio *et al.* Wave energy potential in Galicia (NW Spain). **Renewable Energy**, v. 34, n. 11, p. 2323-2333, 2009.

LANGHAMER, O.; HAIKONEN, K.; SUNDBERG, J. Wave power—Sustainable energy or environmentally costly? A review with special emphasis on linear wave energy converters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 4, p. 1329-1335, 2010.

MILLAR, D. L.; SMITH, H. C. M.; REEVE, D. E. Modelling analysis of the sensitivity of shoreline change to a wave farm. **Ocean engineering**, v. 34, n. 5-6, p. 884-901, 2007.



PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015.

PREMALATHA, M. *et al.* Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 270-288, 2014.

ROURKE, F. O.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Renewable energy resources and technologies applicable to Ireland. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 8, p. 1975-1984, 2009.

SMITH, H. C. M.; PEARCE, C.; MILLAR, D. L. Further analysis of change in nearshore wave climate due to an offshore wave farm: An enhanced case study for the Wave Hub site. **Renewable energy**, v. 40, n. 1, p. 51-64, 2012.

WHITMEE, S. *et al.* Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. **The Lancet**, v. 386, n. 10007, p. 1973-2028, 2015.

YUCE, M. I.; MURATOGLU, A. Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 72-82, 2015.