

UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE HIDROGÊNIO E DESSALINIZAÇÃO COM BASE NA SCOPUS

Carla Freitas de Andrade – carla@ufc.br

Universidade Federal do Ceará

Mona Lisa Moura de Oliveira

Universidade Estadual do Ceará

Francisco Olímpio Carneiro

UNILAB

André Valente Bueno

Universidade Federal do Ceará

Fernanda Leite Lobo

Universidade Federal do Ceará

Paulo Alexandre Costa Rocha

Universidade Federal do Ceará

Resumo. O hidrogênio verde tem se tornado o centro das atenções no cenário mundial, com sua eficiência elevada e versatilidade de produção de maneira renovável, cada vez mais estudos são produzidos relacionados a este tema. O hidrogênio é considerado verde quando a fonte de energia para a sua produção vem de uma fonte renovável. Além disso, a água utilizada para a produção de hidrogênio verde pode vir do processo de dessalinização. Sendo assim, esse artigo busca fazer um apanhado dos documentos relacionados com hidrogênio e dessalinização, junto a base Scopus, para entender como está o desenvolvimento de pesquisa nessa área tão promissora. Para isso, realizou-se uma busca na base Scopus, considerando algumas palavras-chave e depois fez-se a análise desse conjunto de dados encontrados através da ferramenta do Bibliometrix. O objetivo do presente trabalho trata de identificar a evolução do tema e mostrar a posição do Brasil no cenário mundial.

Palavras-chave: Hidrogênio Verde, Dessalinização, Análise Bibliométrica

1. INTRODUÇÃO

A produção do hidrogênio utilizando fontes renováveis é uma das formas mais limpas de sua produção, uma vez que, a eletricidade necessária advém de uma fonte renovável de energia. E a água utilizada no processo da eletrolise pode vir do processo de dessalinização.

Sendo assim, esse estudo bibliométrico, utilizando a base de dados *Scopus* e a ferramenta do *Bibliometrix*, visa analisar artigos científicos relacionados aos temas de hidrogênio e dessalinização para entender como está o desenvolvimento de trabalhos nessa área, que instituições tem mais trabalhos sendo desenvolvidos, que países estão mais a frente, para tentar encontrar as lacunas existentes.

A análise bibliométrica permite identificar tendências, padrões e lacunas na produção científica sobre o assunto, além de fornecer informações relevantes para investimentos em pesquisa e desenvolvimento nessa área. Alguns artigos, tais como (Donthu *et al.*, 2021) e (Aria and Cuccurullo, 2017), foram utilizados para embasar a metodologia bibliométrica, observando as diferentes técnicas e orientações para realizar uma análise bibliométrica confiável. Por meio da análise dos dados, é possível compreender melhor a evolução da produção científica sobre o tema abordado, identificando as principais instituições e grupos envolvidos, entre outras informações relevantes. A partir desses resultados, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento científico sobre o tema e para o desenvolvimento de tecnologias voltadas para o presente estudo e contribuir também em pesquisas na área de hidrogênio verde, o que contribui para a descarbonização.

2. METODOLOGIA

A extração de dados científicos para esse estudo foi realizada usando o banco de dados Scopus na primeira semana de outubro de 2023. *Scopus* é uma ferramenta aceita para extração de dados e pesquisa científica e que foi utilizada como referência, por conter grande número de artigos. A literatura foi pesquisada considerando todos os anos possíveis, usando as opções de pesquisa avançada “título, resumo e palavras-chave”. A bibliometria ajuda a entender as tradições de pesquisa, empregando citações, refinamentos e a mapear clusters, indicando as redes de pesquisas. Para compilar os dados e fazer uma análise das informações, foi utilizada a ferramenta do Bibliometrix (<https://www.bibliometrix.org/>), um software livre escrito em linguagem R (Aria and Cuccurullo, 2017).

O tipo de busca aplicado foi “pesquisa avançada”, e utilizou-se os termos ("hydrogen" AND "desalination") juntos, encontrando 491 documentos, posteriormente ao se ter aplicado um refinamento, filtrando os documentos para “artigo e revisão”, Língua Inglesa, estágio de publicação final, tipo de fonte Journal, e considerando as seguintes áreas

Environmental Science (283), Engineering (253), Energy (201), Materials Science (49), Mathematics (26), Multidisciplinary (18), Business, Management and Accounting (16), Economics, Econometrics and Finance (4). Foram encontrados oito (8) trabalhos relacionados com instituições ou pesquisadores brasileiros.

Esta consulta de pesquisa foi usada para obter detalhes confiáveis e precisos com base em palavras selecionadas incluídas no título, resumo, palavras-chave do autor e não nas palavras-chave. A busca sistemática foi realizada durante todo o período, sem restrição de tempo de publicação, com base nos dados da *Scopus*, durante a primeira semana de outubro de 2023, procurando por manuscritos publicados em periódicos indexados para melhor entender o estado atual da pesquisa científica em relação ao tema proposto. Os dados foram obtidos no formato *.CSV*, e analisados em software bibliométrico. O pacote “*Bibliometrix*” (linguagem R) foi usado para obter gráficos, tabelas e diagramas.

3. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

As análises bibliométricas são especialidades científicas e um aspecto significativo da avaliação da pesquisa, especialmente nos setores científico e aplicado (Laengle *et al.*, 2017). Todos os 491 artigos encontrados foram baseados em artigos de periódicos e 100% foram publicados em inglês.

3.1 Tendências de publicação

A Figura 1 mostra a tendência da pesquisa e a evolução das publicações até a primeira semana de outubro de 2023. A primeira publicação foi em 1969 e até 2008 não se tinha uma constância de publicações e só tinham sido publicados 31 documentos. A partir de 2009, passou-se a ter uma regularidade maior, chegando a 70 artigos em 2022 e já se conta com 66 documentos em 2023, percebendo um aumento considerável das publicações nessa área o que mostra a importância que o tema vem tendo nos últimos anos.

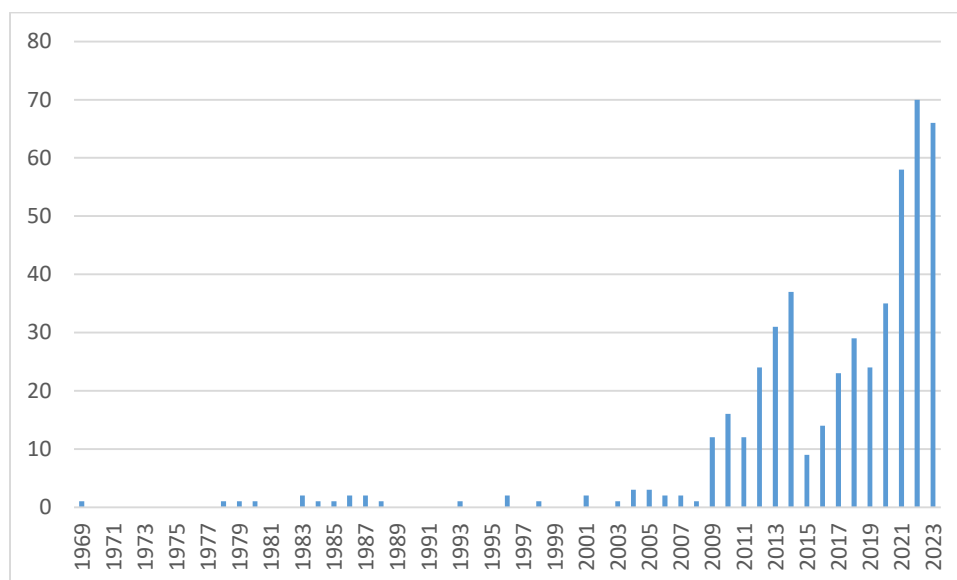


Figura 1 – Quantidade de artigos ao longo dos anos

A primeira publicação foi em 1969, de (Taylor and Cocks, 1969), e aborda sobre usinas de dessalinização.

3.2 Artigos mais citados

Os artigos mais citados são importantes no conhecimento do assunto a ser tratado. Sendo assim, a Tabela 1 enumera os 30 artigos mais citados nesse conjunto de documentos selecionados com maior numero de citações.

Dos artigos mais citados foram extraídas as seguintes informações: i) Nome do primeiro autor referência do artigo; ii) Título do artigo; iii) Total de citação por artigo; iv) Periódico que publicou; v) ano em que o artigo foi publicado e vi) o país do primeiro autor.

Tabela 1 – Os top 30 de artigos em número de citações

	AUTOR / CITAÇÃO	TÍTULO	TC	REVISTA	ANO	PAIS
1	Zhe Tan (Tan <i>et al.</i> , 2018)	Polyamide membranes with nanoscale Turing structures for water purification	859	Science	2018	China
2	Juergen Biener (Biener <i>et al.</i> , 2011)	Advanced carbon aerogels for energy applications	565	Energy & Environmental Science	2011	USA
3	Tian Li (Li <i>et al.</i> , 2021)	Developing fibrillated cellulose as a sustainable technological material	551	Nature	2021	USA
4	Wenming Tong (Tong <i>et al.</i> , 2020)	Electrolysis of low-grade and saline surface water	427	Nature Energy	2020	Ireland
5	Advanced Materials (Guo <i>et al.</i> , 2020)	Biomass-Derived Hybrid Hydrogel Evaporators for Cost-Effective Solar Water Purification	371	Youhong Guo	2020	USA
6	Baoqi Wang (Wang <i>et al.</i> , 2018)	Prussian Blue Analogs for Rechargeable Batteries	289	ISCIENCE	2018	China
7	Minmin Gao (Gao, Connor and Ho, 2016)	Plasmonic photothermal directed broadband sunlight harnessing for seawater catalysis and desalination	281	Energy & Environmental Science	2016	Singapore
8	Di He (He <i>et al.</i> , 2016)	Faradaic Reactions in Water Desalination by Batch-Mode Capacitive Deionization	238	Environmental Science & Technology	2016	Australia
9	Christos-Spyridon Karavas (Karavas <i>et al.</i> , 2015)	A multi-agent decentralized energy management system based on distributed intelligence for the design and control of autonomous polygeneration microgrids	228	Energy Conversion and Management	2015	Greece
10	Xing Xie (Xie, Criddle and Cui, 2015)	Design and fabrication of bioelectrodes for microbial bioelectrochemical systems	217	Energy & Environmental Science	2015	USA
11	Ramato Ashu Tufa (Tufa <i>et al.</i> , 2018)	Progress and prospects in reverse electrodialysis for salinity gradient energy conversion and storage	198	Applied Energy	2018	Czech Republic
12	Ilje Pikaar (Pikaar <i>et al.</i> , 2014)	Reducing sewer corrosion through integrated urban water management	181	Science	2014	Australia
13	Akbar Maleki (Maleki, Pourfayaz and Ahmadi, 2016)	Design of a cost-effective wind/photovoltaic/hydrogen energy system for supplying a desalination unit by a heuristic approach	166	Solar Energy	2016	Iran

14	Hegazy Rezk (Rezk <i>et al.</i> , 2019)	Fuel cell as an effective energy storage in reverse osmosis desalination plant powered by photovoltaic system	165	Energy	2019	Saudi Arabia
15	Rachnarin Nitisoravut (Nitisoravut e Regmi, 2017)	Plant microbial fuel cells: A promising biosystems engineering	164	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2017	Thailand
16	Arif Hepbasli (Hepbasli e Alsuhaibani, 2011)	A key review on present status and future directions of solar energy studies and applications in Saudi Arabia	161	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2011	Saudi Arabia
17	Alaaeldin M. Abdelshafy (Abdelshafy, Hassan and Jurasz, 2018)	Optimal design of a grid-connected desalination plant powered by renewable energy resources using a hybrid PSO–GWO approach	155	Energy Conversion and Management	2018	Egypt
18	Ahmadi, Pouria (Ahmadi, Dincer and Rosen, 2014)	Thermoeconomic multi-objective optimization of a novel biomass-based integrated energy system	154	Energy	2014	Canadá
19	J.E. Dykstra (Dykstra <i>et al.</i> , 2017)	Theory of pH changes in water desalination by capacitive deionization	148	Water Research	2017	Netherlands
20	George Kyriakarakos (Kyriakarakos <i>et al.</i> , 2013)	Intelligent demand side energy management system for autonomous polygeneration microgrids	140	Applied Energy	2013	Greece
21	Hossein Kianfard (Kianfard, Khalilarya and Jafarmadar, 2018)	Exergy and exergoeconomic evaluation of hydrogen and distilled water production via combination of PEM electrolyzer, RO desalination unit and geothermal driven dual fluid ORC	138	Energy Conversion and Management	2018	Iran
22	Minmin Gao (Gao <i>et al.</i> , 2020)	Photothermal Catalytic Gel Featuring Spectral and Thermal Management for Parallel Freshwater and Hydrogen Production	138	Advanced Energy Materials	2020	Singapore
23	George Kyriakarakos (Kyriakarakos <i>et al.</i> , 2011)	Polygeneration microgrids: A viable solution in remote areas for supplying power, potable water and hydrogen as transportation fuel	137	Applied Energy	2011	Greece
24	Ivan Muñoz (Muñoz <i>et al.</i> , 2009)	Life Cycle Assessment of urban wastewater reuse with ozonation as tertiary treatment: A focus on toxicity-related impacts	128	Science of The Total Environment	2009	Spain

25	George Kyriakarakos (Kyriakarakos <i>et al.</i> , 2012)	A fuzzy logic energy management system for polygeneration microgrids	127	Renewable Energy	2012	Greece
26	Ram Devanathan (Devanathan <i>et al.</i> , 2016)	Molecular Dynamics Simulations Reveal that Water Diffusion between Graphene Oxide Layers is Slow	121	Scientific Reports	2016	USA
27	M. A. Khan (Khan <i>et al.</i> , 2021)	Seawater electrolysis for hydrogen production: a solution looking for a problem?	116	Energy & Environmental Science	2021	Canada
28	Nicholas A. Milne (Milne <i>et al.</i> , 2014)	Chemistry of silica scale mitigation for RO desalination with particular reference to remote operations	114	Water Research	2014	Australia
29	S.M. Hosseini (Hosseini <i>et al.</i> , 2020)	A novel layer-by-layer heterogeneous cation exchange membrane for heavy metal ions removal from water	109	Journal of Hazardous Materials	2020	Iran
30	Jordan Muscatello (Muscatello <i>et al.</i> , 2016)	Optimizing Water Transport through Graphene-Based Membranes: Insights from Nonequilibrium Molecular Dynamics	107	ACS Applied Materials & Interfaces	2016	U.K.

Nota: O nome e país listado nessa tabela corresponde ao primeiro autor de cada artigo

O trabalho de (Tan *et al.*, 2018) aborda sobre membranas que se mostraram melhores para a dessalinização da água. Já (Biener *et al.*, 2011) discutiram sobre armazenamento de hidrogênio e dessalinização. No estudo de (Tong *et al.*, 2020) fala que a geração de hidrogênio através da eletrólise da água proporciona um caminho promissor para a sustentabilidade energética. Conforme (Gao, Connor and Ho, 2016), utilizar recursos renováveis é uma missão impactante.

3.3 Desempenho da revista

Um total de 109 fontes tem publicações sobre o assunto, obtendo uma média de 6,43 documentos por ano. A Tabela 2 mostra uma lista dos quinze melhores periódicos para publicar um tópico relacionado com hidrogênio e dessalinização, isto é, as revistas científicas de mais destaque, de acordo com o número de publicações na área pesquisada. H-index, Total de Publicações e o ano da primeira publicação são métricas de periódicos que ajudam a medir o impacto da citação e o crescimento dos periódicos (Bornmann and Daniel, 2007; Ghazinoory, Ameri and Farnoodi, 2013; Kar, Harichandan and Roy, 2022). Fazendo uma análise quantitativa das publicações desses 15 periódicos, observa-se que eles concentram uma pouco mais de 66% do total de publicações identificadas.

Um total de 126 documentos, que corresponde a 26% do total de artigos publicados considerando esse conjunto de dados, foi publicado na Revista *Desalination And Water Treatment*, tendo recebido um total de 1.439 citações. Posteriormente, aparece em segundo lugar, mas com uma frequência de publicação bem menor, a revista *Energy Conversion And Management*, com 31 documentos (6%). A primeira revista a publicar um trabalho relacionado com o tema em questão foi a *Renewable Energy*, em 1996. A revista que mais recentemente vem publicando trabalhos relacionados a esse tema é a *Sustainable Energy Technologies And Assessments*, e que já alcançou 332 citações.

Tabela 2 – As revistas que mais têm publicação nesse conjunto de dados analisados.

Fontes	Artigos	h_index	TC	PY_start
DESALINATION AND WATER TREATMENT	126	19	1439	2009
ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT	31	18	1322	2014
ENERGY	20	11	702	2011
RENEWABLE ENERGY	18	11	563	1996
WATER RESEARCH	18	16	801	2010
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	17	9	414	2009
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	15	9	337	2017
SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES AND ASSESSMENTS	15	8	332	2021
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH	12	6	158	2013
APPLIED ENERGY	11	8	726	2011
ENERGIES	10	4	124	2018
ACS APPLIED MATERIALS AND INTERFACES	9	8	412	2016
JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	9	8	429	2010
APPLIED THERMAL ENGINEERING	7	7	242	2018
RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	7	5	371	2011

Nota: TPs = Total de Publicações; TC = Total de Citações; PY_start = ano da primeira publicação

3.4 Desempenho das instituições

Com relação ao desempenho das instituições, as 15 instituições mais produtivas, ou seja, que mais desenvolveram artigos na área considerada, estão listadas na Tabela 3, juntamente com a quantidade de artigos ligados a elas, o país ou região onde estão localizadas e a percentagem que cada uma representa diante da quantidade global de publicações.

Tabela 3 – As 15 instituições que mais tem trabalhos na área e onde se localizam.

	Instituições	Artigos	País ou Localização	Percentagem (%)
1	ONTARIO TECH. UNIVERSITY	33	Canadá	6,720978
2	TIANJIN UNIVERSITY	29	Tianjin	5,906314
3	IRAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	22	Irã	4,480652
4	UNIVERSITY OF TEHRAN	22	Irã	4,480652
5	ZHEJIANG UNIVERSITY	20	China	4,07332
6	SICHUAN UNIVERSITY	19	China	3,869654
7	INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (ITRI)	18	China	3,665988
8	NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	17	Singapura	3,462322
9	UNIVERSITY OF ONTARIO INSTITUTE OF TECHNOLOGY	17	Canadá	3,462322
10	KING SAUD UNIVERSITY	15	Arábia Saudita	3,05499
11	SHANDONG UNIVERSITY	15	China	3,05499
12	UNIVERSITY OF CALIFORNIA	14	USA	2,851324
13	URMIA UNIVERSITY	14	Irã	2,851324
14	ISLAMIC AZAD UNIVERSITY	13	Irã	2,647658
15	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM AND MINERALS	12	Arábia Saudita	2,443992

A Universidade *Ontario Tech. University*, no Canadá, lidera com 33 documentos, correspondendo a 7,72% das publicações gerais. China e Irã aparecem como as que mais tem publicação nessa amostra.

3.5 Quantidade de artigos por países

O mapeamento da rede de países e territórios, juntamente com suas publicações e análises de citações, são exibidos na Tabela 4. A Tabela 4 mostra a quantidade de documentos por países levando em conta não somente os autores correspondentes, mas qualquer autor que esteja na publicação.

Tabela 4 – Quantidade de artigos por país e a quantidade de citações dos países.

Country	ARTIGOS	SCP	MCP	TC
CHINA	98	71	27	2852
IRAN	49	36	13	1456
USA	36	26	10	2750
CANADA	31	25	6	1046
INDIA	22	19	3	468
TURKEY	18	14	4	199
KOREA	15	11	4	222
SAUDI ARABIA	12	8	4	344
ITALY	10	10	0	172
MALAYSIA	10	8	2	171
EGYPT	9	6	3	283
UNITED KINGDOM	9	5	4	214
ALGERIA	7	4	3	72
AUSTRALIA	7	3	4	600
BRAZIL	7	5	2	119

O termo SCP significa que são artigos sem colaboração, ou seja, publicação com pessoas autoras de apenas um país, e o termo MCP significa que tem colaboração com autores de outros países. Para este estudo, os dados concluíram o número máximo de pesquisas em artigos de autores do China (98 artigos) tendo participado de 20% dos artigos publicados na área, seguidos do Irã (49 artigos) e Estados Unidos (36 artigos). A China também é o país que recebeu mais citações em seus trabalhos, sendo seguida dos Estados Unidos e Irã.

O Bibliometrix analisa também a quantidade de publicações considerando somente o autor correspondente e observando se as publicações tiveram contribuição de autores de outros países, e essa informação pode ser analisada pelos termos SCP e MCP, onde a China também lidera quando se considera a maior quantidade de publicações com autores do próprio país (SCP – 71), sem ter colaboração com outros países e, quando se considera publicações com colaboração de outros países (MCP – 27), mostraram que os pesquisadores têm trabalhado em estreita colaboração com outros países.

3.6 TreeMap – WordCloud

O TreeMap apresenta, em forma de trama, os termos de palavras-chave mais utilizados em determinado tema e sua frequência de citação. Para esse conjunto de dados, obteve-se a Figura 2, que retrata as palavras-chave dos autores que foram consideradas mais significativas no conjunto de documentos analisados.



Figura 2 – Quantidade de cada uma das palavras-chave mais citadas

A importância de cada um dos termos, bem como sua recorrência na literatura e importância para o problema, são demonstrados pela magnitude de cada retângulo da Figura 2. Conforme mostrado na Figura 2, no entanto, é necessário um trabalho adicional sobre diversos temas, onde os termos que têm baixa ocorrência podem servir de norte para futuras pesquisas, mostrando novos campos a serem explorados e pesquisados.

Agradecimentos

FUNCAP - Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Rede VERDES, Processo 07548003/2023), CNPQ – UNIVERSAL (Proc. No. 408431/2023-7).

REFERÊNCIAS

- Ahmed, R., Sreeram, V., Mishra, Y., Arif, M. D., 2020. A review and evaluation of the state-of-the-art in PV solar power forecasting: Techniques and optimization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124 (February).
- Abdelshafy, A.M., Hassan, H. and Jurasz, J. (2018) 'Optimal design of a grid-connected desalination plant powered by renewable energy resources using a hybrid PSO–GWO approach', *Energy Conversion and Management*, 173, pp. 331–347. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.07.083>.
- Ahmadi, P., Dincer, I. and Rosen, M.A. (2014) 'Thermoeconomic multi-objective optimization of a novel biomass-based integrated energy system', *Energy*, 68, pp. 958–970. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.01.085>.
- Aria, M. and Cuccurullo, C. (2017) 'bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis', *Journal of Informetrics*, 11(4), pp. 959–975. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.
- Biener, J. et al. (2011) 'Advanced carbon aerogels for energy applications', *Energy & Environmental Science*, 4(3), p. 656. Available at: <https://doi.org/10.1039/c0ee00627k>.
- Bornmann, L. and Daniel, H.-D. (2007) 'What do we know about the index?', *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(9), pp. 1381–1385. Available at: <https://doi.org/10.1002/asi.20609>.
- Devanathan, R. et al. (2016) 'Molecular Dynamics Simulations Reveal that Water Diffusion between Graphene Oxide Layers is Slow', *Scientific Reports*, 6(1), p. 29484. Available at: <https://doi.org/10.1038/srep29484>.
- Donthu, N. et al. (2021) 'How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines', *Journal of Business Research*, 133, pp. 285–296. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>.
- Dykstra, J.E. et al. (2017) 'Theory of pH changes in water desalination by capacitive deionization', *Water Research*, 119, pp. 178–186. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.039>.
- Gao, M. et al. (2020) 'Photothermal Catalytic Gel Featuring Spectral and Thermal Management for Parallel Freshwater and Hydrogen Production', *Advanced Energy Materials*, 10(23). Available at: <https://doi.org/10.1002/aenm.202000925>.
- Gao, M., Connor, P.K.N. and Ho, G.W. (2016) 'Plasmonic photothermic directed broadband sunlight harnessing for seawater catalysis and desalination', *Energy & Environmental Science*, 9(10), pp. 3151–3160. Available at: <https://doi.org/10.1039/C6EE00971A>.
- Ghazinoory, S., Ameri, F. and Farnoodi, S. (2013) 'An application of the text mining approach to select technology centers of excellence', *Technological Forecasting and Social Change*, 80(5), pp. 918–931. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.09.001>.

- Guo, Y. *et al.* (2020) 'Biomass-Derived Hybrid Hydrogel Evaporators for Cost-Effective Solar Water Purification', *Advanced Materials*, 32(11). Available at: <https://doi.org/10.1002/adma.201907061>.
- He, D. *et al.* (2016) 'Faradaic Reactions in Water Desalination by Batch-Mode Capacitive Deionization', *Environmental Science & Technology Letters*, 3(5), pp. 222–226. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.6b00124>.
- Hepbasli, A. and Alsuhaibani, Z. (2011) 'A key review on present status and future directions of solar energy studies and applications in Saudi Arabia', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), pp. 5021–5050. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.052>.
- Hosseini, S.M. *et al.* (2020) 'A novel layer-by-layer heterogeneous cation exchange membrane for heavy metal ions removal from water', *Journal of Hazardous Materials*, 381, p. 120884. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120884>.
- Kar, S.K., Harichandan, S. and Roy, B. (2022) 'Bibliometric analysis of the research on hydrogen economy: An analysis of current findings and roadmap ahead', *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(20), pp. 10803–10824. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.01.137>.
- Karavas, C.-S. *et al.* (2015) 'A multi-agent decentralized energy management system based on distributed intelligence for the design and control of autonomous polygeneration microgrids', *Energy Conversion and Management*, 103, pp. 166–179. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.06.021>.
- Khan, M.A. *et al.* (2021) 'Seawater electrolysis for hydrogen production: a solution looking for a problem?', *Energy & Environmental Science*, 14(9), pp. 4831–4839. Available at: <https://doi.org/10.1039/D1EE00870F>.
- Kianfard, H., Khalilarya, S. and Jafarmadar, S. (2018) 'Exergy and exergoeconomic evaluation of hydrogen and distilled water production via combination of PEM electrolyzer, RO desalination unit and geothermal driven dual fluid ORC', *Energy Conversion and Management*, 177, pp. 339–349. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.09.057>.
- Kyriakarakos, G. *et al.* (2011) 'Polygeneration microgrids: A viable solution in remote areas for supplying power, potable water and hydrogen as transportation fuel', *Applied Energy*, 88(12), pp. 4517–4526. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.05.038>.
- Kyriakarakos, G. *et al.* (2012) 'A fuzzy logic energy management system for polygeneration microgrids', *Renewable Energy*, 41, pp. 315–327. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.11.019>.
- Kyriakarakos, G. *et al.* (2013) 'Intelligent demand side energy management system for autonomous polygeneration microgrids', *Applied Energy*, 103, pp. 39–51. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.10.011>.
- Laengle, S. *et al.* (2017) 'Forty years of the European Journal of Operational Research: A bibliometric overview', *European Journal of Operational Research*, 262(3), pp. 803–816. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.027>.
- Li, T. *et al.* (2021) 'Developing fibrillated cellulose as a sustainable technological material', *Nature*, 590(7844), pp. 47–56. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03167-7>.
- Maleki, A., Pourfayaz, F. and Ahmadi, M.H. (2016) 'Design of a cost-effective wind/photovoltaic/hydrogen energy system for supplying a desalination unit by a heuristic approach', *Solar Energy*, 139, pp. 666–675. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.09.028>.
- Milne, N.A. *et al.* (2014) 'Chemistry of silica scale mitigation for RO desalination with particular reference to remote operations', *Water Research*, 65, pp. 107–133. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.07.010>.
- Muñoz, I. *et al.* (2009) 'Life Cycle Assessment of urban wastewater reuse with ozonation as tertiary treatment', *Science of The Total Environment*, 407(4), pp. 1245–1256. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.09.029>.
- Muscatello, J. *et al.* (2016) 'Optimizing Water Transport through Graphene-Based Membranes: Insights from Nonequilibrium Molecular Dynamics', *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8(19), pp. 12330–12336. Available at: <https://doi.org/10.1021/acsami.5b12112>.
- Nitorisavut, R. and Regmi, R. (2017) 'Plant microbial fuel cells: A promising biosystems engineering', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, pp. 81–89. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.064>.
- Pikaar, I. *et al.* (2014) 'Reducing sewer corrosion through integrated urban water management', *Science*, 345(6198), pp. 812–814. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.1251418>.
- Rezk, H. *et al.* (2019) 'Fuel cell as an effective energy storage in reverse osmosis desalination plant powered by photovoltaic system', *Energy*, 175, pp. 423–433. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.167>.
- Tan, Z. *et al.* (2018) 'Polyamide membranes with nanoscale Turing structures for water purification', *Science*, 360(6388), pp. 518–521. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.aar6308>.
- Taylor, A.H. and Cocks, F.H. (1969) 'Electrochemical apparatus for corrosion studies in aqueous environments at high temperature and pressure', *British Corrosion Journal*, 4(6), pp. 287–292. Available at: <https://doi.org/10.1179/000705969798325127>.
- Tong, W. *et al.* (2020) 'Electrolysis of low-grade and saline surface water', *Nature Energy*, 5(5), pp. 367–377. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0550-8>.
- Tufa, R.A. *et al.* (2018) 'Progress and prospects in reverse electrodialysis for salinity gradient energy conversion and storage', *Applied Energy*, 225, pp. 290–331. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.04.111>.
- Wang, B. *et al.* (2018) 'Prussian Blue Analogs for Rechargeable Batteries', *iScience*, 3, pp. 110–133. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2018.04.008>.

Xie, X., Criddle, C. and Cui, Y. (2015) 'Design and fabrication of bioelectrodes for microbial bioelectrochemical systems', *Energy & Environmental Science*, 8(12), pp. 3418–3441. Available at: <https://doi.org/10.1039/C5EE01862E>.

A BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON HYDROGEN AND DESALINATION BASED ON THE SCOPUS BASE

Abstract. *Green hydrogen has become the center of attention on the world stage, with its high efficiency and versatility of renewable production, more and more studies are being produced related to this topic. Hydrogen is considered green when the energy source for its production comes from a renewable source. Furthermore, the water used to produce green hydrogen can come from the desalination process. Therefore, this article seeks to make an overview of documents related to hydrogen and desalination, using the Scopus database, to understand how research is developing in this very promising area. To do this, a search was carried out in the Scopus database, considering some keywords and then an analysis of this set of data found using the Bibliometrix tool was carried out. The objective of this work is to identify the evolution of the topic and show Brazil's position on the world stage.*

Keywords: *Green Hydrogen, Desalination, Bibliometric Analysis*