

## DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE H<sub>2</sub>V ATRAVÉS DE DIFERENTES TECNOLOGIAS DE ELETRÓLISE - PEM, AWE, AEM e SOEC

André Lucas Do Nascimento dos Santos<sup>1</sup>; Ana Laíse do Nascimento dos Santos<sup>2</sup>; Artur Santos Bispo<sup>3</sup>; Fernando Luiz Pellegrini Pessoa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia da Computação, Bolsista; Iniciação científica – CNPq; [andre.santos@fbter.org.br](mailto:andre.santos@fbter.org.br)

<sup>2</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [ana.laise@fieb.org.br](mailto:ana.laise@fieb.org.br)

<sup>3</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [artur.bispo@fieb.org.br](mailto:artur.bispo@fieb.org.br)

<sup>4</sup>Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [fernando.pessoa@fieb.org.br](mailto:fernando.pessoa@fieb.org.br)

### RESUMO

O projeto visa desenvolver um software de simulação que englobe quatro tecnologias de produção de Hidrogênio verde por eletrólise. Por meio da análise da modelagem matemática dessas tecnologias, busca-se centralizar o cálculo da produção de hidrogênio em um simulador. Inicialmente, será realizado um levantamento bibliográfico sobre as tecnologias de eletrólise, seguido pelo estudo das modelagens matemáticas para a conversão em código. O software permitirá aos usuários calcular a produção de hidrogênio com base em diferentes parâmetros e condições de operação, fornecendo uma ferramenta valiosa para pesquisa e desenvolvimento na área. Com uma interface intuitiva e funcionalidades abrangentes, o software busca simplificar e agilizar o processo de simulação, contribuindo para avanços significativos na produção de hidrogênio verde e na promoção de uma matriz energética mais sustentável.

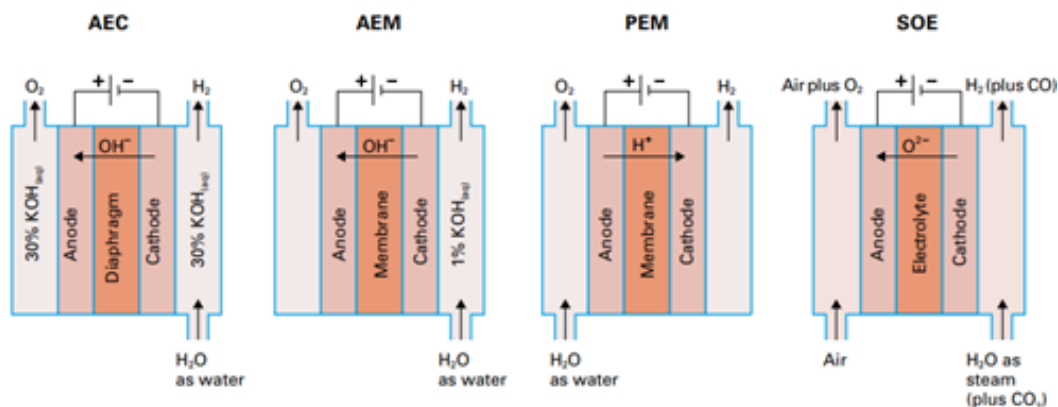
**PLAVRAS CHAVE:** Hidrogênio verde; Eletrólise; Software; Simulação

### 1. INTRODUÇÃO

Diante do atual cenário global, caracterizado pelos esforços em curso para a descarbonização e a transição para fontes de energia mais limpas, a produção de hidrogênio verde (H<sub>2</sub>V) emerge como uma alternativa promissora. A eletrólise, em suas diversas formas, representa uma abordagem viável para a produção de H<sub>2</sub>V, utilizando energia renovável para quebrar as ligações químicas da água obtendo hidrogênio e oxigênio. Esta abordagem alinha-se com os objetivos de redução das emissões de gases de efeito estufa e busca por soluções energéticas sustentáveis<sup>1</sup>.

No entanto, apesar do crescente interesse nesse campo, a disponibilidade de ferramentas de simulação abrangentes para a análise das diferentes tecnologias de eletrólise é limitada. Atualmente, não existe um software que integre as quatro principais tecnologias de eletrólise Membrana de Troca de Prótons (PEM), Eletrólise Alcalina (AWE), Eletrólise de Membrana Aniônica (AEM) e Eletrólise de Óxido Sólido (SOEC) (Figura 1) de forma gratuita e acessível para estudantes e pesquisadores da área<sup>2</sup>.

Figura 1 : Tecnologias de eletrolise



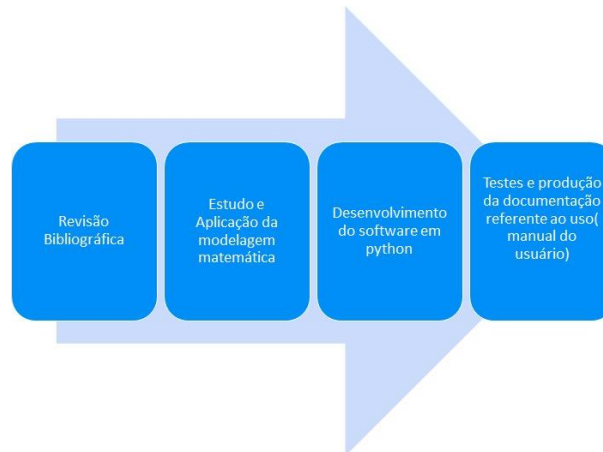
Fonte: Sbh4(2021)

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é desenvolver um software de simulação abrangente e acessível, que integre as quatro principais tecnologias de eletrólise mencionadas acima. O software proporcionará uma plataforma única para a análise e comparação de diferentes cenários de produção de hidrogênio verde, contribuindo assim para o avanço do conhecimento e o desenvolvimento de soluções mais eficientes e sustentáveis<sup>3</sup>.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia esta descrita na figura 3 abaixo

Figura 2: Fluxo de metodologia do projeto

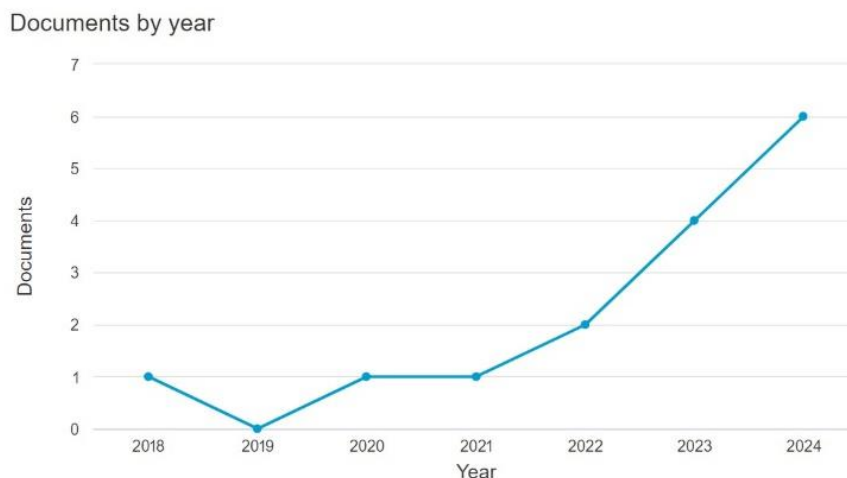


Fonte: Próprio Autor (2024)

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia para a revisão bibliográfica foi conduzida na base de dados do SCOPUS, uma plataforma reconhecida por sua abrangência e qualidade na indexação de periódicos científicos. O processo de busca utilizou as palavras-chave "Hidrogênio verde", "Eletrólise" e "Software simulação", combinadas através do operador booleano "and". Essa abordagem permitiu a identificação de artigos científicos relevantes que abordassem simultaneamente os três temas de interesse. A figura 4 abaixo ilustra o número das publicações por ano retornadas na pesquisa

Figura 3 Gráfico de publicações por ano



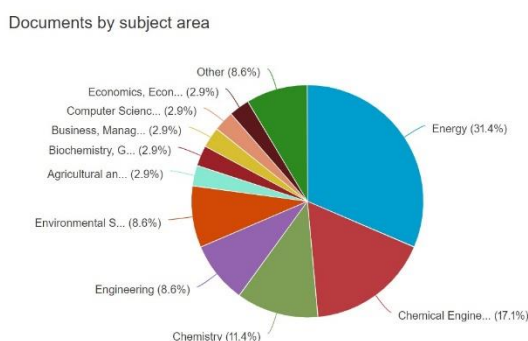
Fonte: SCOPUS (2024)

É visível que houve um crescente interesse nas pesquisas voltadas para o hidrogênio verde e **eletrólise nos** últimos 7 anos. Esse aumento na produção acadêmica sugere uma maior interesse e investimento na busca por soluções sustentáveis de **energia. Por** outro lado, percebe-se que o volume de publicações ainda é baixo evidenciando uma lacuna na literatura no tocante à simulação destas tecnologias.

A análise dos resultados da revisão revelou uma diversidade de abordagens e tecnologias exploradas, demonstrando a evolução contínua desse campo de estudo. A figura 5 ilustra quantidade de trabalhos publicados segmentado pela área de conhecimento, onde é possível observar uma predominância na área de energia.

Esses resultados corroboram a importância do desenvolvimento de ferramentas de simulação, como o software proposto neste trabalho, para apoiar e impulsionar ainda mais a pesquisa e desenvolvimento na área do hidrogênio verde e da eletrolise. Além disso, destacam a necessidade de abordagens inovadoras e para enfrentar os desafios energéticos globais.

Figura 4. Quantidade de documentos por áreas do conhecimento



A partir do **estudo dos** trabalhos retornado na revisão bibliográfica, partiu-se para o estudo a utilização das equações de voltagem para a produção de hidrogênio em células de eletrólise. Partindo do projeto de Bispo et al., (2023) que desenvolveu uma simulação de célula PEM utilizando Visual Basic, o objetivo é expandir essa simulação para incluir outras tecnologias de eletrólise, utilizando Python como base. Essa iniciativa busca ampliar o escopo do trabalho anterior, permitindo a análise e simulação de diferentes tecnologias de eletrólise de forma mais abrangente e eficiente. Cada método de eletrólise tem uma equação de voltagem específica, refletindo as características únicas de cada tecnologia. É esperado que a construção do software ocorra sob a dissecação das equações de voltagem de cada tecnologia de eletrólise.

$$V_{cell} = U_{rev} + \eta_{electrodes} + \eta_{\Omega}$$

Cada método de eletrólise tem uma equação de voltagem específica, refletindo as características únicas de cada tecnologia. Essas equações diferem em termos de parâmetros e termos incluídos. É esperado que a construção do software ocorra sob a dissecação das equações de voltagem de cada tecnologia de eletrólise.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, este estudo delineou uma metodologia para revisão bibliográfica sobre modelos para produção de hidrogênio verde via eletrólise e software de simulação, utilizando a base de dados do SCOPUS. O objetivo central é desenvolver uma aplicação abrangente e acessível, integrando as principais tecnologias de eletrólise. Destaca-se que este trabalho representa a fase inicial de um projeto de iniciação científica, com futuras etapas incluindo implementação e teste do software proposto. Assim, espera-se que os resultados contribuam para o avanço da tecnologia de hidrogênio verde e eletrólise, impulsionando a transição para uma economia sustentável.

#### Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de pesquisa.

## 5. REFERÊNCIAS

1. NI, Meng; LEUNG, Michael KH; LEUNG, Dennis YC. **An electrochemical model of a solid oxide steam electrolyzer for hydrogen production**. Chemical Engineering & Technology: Industrial Chemistry-Plant Equipment-Process Engineering-Biotechnology, v. 29, n. 5, p. 636-642, 2006.
2. BRAUNS, Jörn; TUREK, Thomas. **Alkaline water electrolysis powered by renewable energy: A review**. Processes, v. 8, n. 2, p. 248, 2020.
3. NI, Meng; LEUNG, Michael KH; LEUNG, Dennis YC. **A modeling study on concentration overpotentials of a reversible solid oxide fuel cell**. Journal of Power Sources, v. 163, n. 1, p. 460-466, 2006.
4. GARCÍA-VALVERDE, Rafael; ESPINOSA, Nieves; URBINA, Antonio. **Simple PEM water electrolyser model and experimental validation**. international journal of hydrogen energy, v. 37, n. 2, p. 1927-1938, 2012.
5. KUMAR, S. Shiva; HIMABINDU, VJMSfET. **Hydrogen production by PEM water electrolysis—A review**. Materials Science for Energy Technologies, v. 2, n. 3, p. 442-454, 2019.
6. AN, Liang et al. Mathematical modeling of an anion-exchange membrane water electrolyzer for hydrogen production. **international journal of hydrogen energy**, v. 39, n. 35, p. 19869-19876, 2014..
7. SBH4. Diagrama comparativo das tecnologias de eletrolisadores AEC, AEM, PEM e SOE. Disponível em: <https://www.sbh4.de/assets/electrolyser-aec-aem-pem-soe.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2024.