

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UMA CÉLULA ELETROLÍTICA INDIVIDIDA PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO ATRAVÉS DE EXPERIMENTOS QUÍMICOS

Jacinto Manuel Lima Pombal ¹, Amanda Santana Peiter ², Júlio Inácio Holanda Tavares Neto ³ e Leonardo Faustino Lacerda de Souza ⁴

¹ Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo – AL, jacinto.pombal@ceca.ufal.br

² Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo – AL, amanda.peiter@ceca.ufal.br

³ Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo – AL, julio.neto@ceca.ufal.br

⁴ Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo – AL, leonardo.souza@ceca.ufal.br

Resumo

A pesquisa objetivou a produção de hidrogênio(H₂) a partir de um sistema digital de monitoramento e controle, por meio de uma célula eletrolítica individual, utilizando-se água do mar, com o processo de eletrólise que gera como produtos principais o hidrogênio (H₂) e o hipoclorito de sódio (NaClO). Como também, analisar a concentração de hidrogênio e hipoclorito de sódio que foram produzidos. As análises feitas no laboratório seguiram os métodos de segurança recomendados, dado que se trabalha com produtos químicos, inflamáveis e energia elétrica. O método analítico utilizado para analisar a concentração de hipoclorito de sódio gerado para essa produção de hidrogênio seguiu os princípios da norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9425. Nesta pesquisa, foram realizados 3 experimentos com a variação da vazão utilizada no sistema. Assim, os resultados gerados no sistema mostram que houve massa e concentração de hidrogênio, ou seja, a célula eletrolítica produziu hidrogênio como esperado.

***Palavras-chave:** hidrogênio, hipoclorito de sódio, célula eletrolítica.*

Introdução

No contexto mundial contemporâneo, a busca por energia limpa e renovável é essencial, uma vez que o nosso planeta sofre consequências severas com a poluição que afeta o corpo social. De maneira que o hidrogênio surge como um importante vetor energético para esse cenário como opção de substituição de combustíveis fósseis. O hidrogênio é formado por dois átomos de hidrogênio, ligados através de uma ligação covalente e é encontrado na terra em sua forma (H₂), mas em pequena quantidade (DE LARA; RICHTER, 2023). O gás hidrogênio é classificado em diferentes cores, como o hidrogênio verde que é produzido a partir de fontes renováveis.

Na presente pesquisa, o hidrogênio é produzido em conjunto com o hipoclorito de sódio – produto que apresenta um amplo uso na desinfecção de água, de alimentos e em alguns procedimentos médicos – a partir da eletrólise em uma célula eletrolítica de fluxo

contínuo com água do mar na concentração de 30 g/L, que utiliza uma fonte de bancada de potência contínua, isto é, o hidrogênio é classificado como amarelo, já que utiliza a energia da rede elétrica proveniente de diversas fontes. A água do mar utilizada foi coletada na praia de Pajuçara em Maceió-AL aproximadamente 10 metros da margem. Esse estudo tem a finalidade de quantificar a eficiência e funcionalidade do sistema de geração de hidrogênio e hipoclorito de sódio.

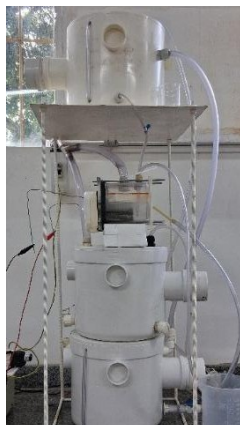


Fig. 1: Célula eletrolítica individualizada

Objetivos

Objetivo Geral

Identificar a eficiência e funcionalidade do sistema de geração de hidrogênio e hipoclorito de sódio, numa célula eletroquímica individualizada e proceder a operação do sistema através do sistema digital de monitoramento e controle.

Objetivos específicos

Avaliar a funcionalidade da instalação do sistema, analisar a máxima concentração de hipoclorito de sódio, detectar a máxima produção de hidrogênio, verificar o consumo de energia para produção de hidrogênio e hipoclorito nas diferentes condições dos experimentos a serem realizados e encontrar o melhor desempenho de uma célula eletrolítica individualizada para produção de hidrogênio e hipoclorito de sódio.

Resumo teórico

A reação de eletrólise para produção de hidrogênio e hipoclorito de sódio na célula eletrolítica ocorre a partir da aplicação de determinada corrente e apresenta diversas reações de oxirredução, as quais ocorrem nos eletrodos de titânio DSA, cátodo e ânodo – polo negativo e positivo da célula, respectivamente, utilizados na célula e na cuba eletrolítica. A reação global da célula eletrolítica é demonstrada pela eq. 1.



A determinação da massa produzida na eletrólise, conforme Lima (2020) pode ser calculada pela combinação das Lei de Faraday, na qual a primeira lei de Faraday determina a relação entre a massa dos produtos formados e quantidade de carga elétrica que circula no sistema durante a eletrólise, já a segunda Lei de Faraday determina que para uma mesma quantidade de eletricidade irá eletrolisar massas de substâncias diferentes, as quais serão proporcionais aos respectivos equivalentes-gramas de oxirredução. Assim, a combinação das leis de Faraday pode ser expressa pela equação eq. 2.

$$m = \frac{E \cdot i \cdot t}{F} \quad \text{eq. 2}$$

Onde:

m = massa da substância eletrolisada em gramas

E = Equivalente grama da substância eletrolisada

i = Corrente elétrica aplicada em Ampére

F = Constante de Faraday

Metodologia

Para alcançar os objetivos da realização dos experimentos químicos na célula eletrolítica individualizada com reator contínuo, foram seguidos os princípios da ABNT (NBR 9425) em conjunto com a monografia (TEXEIRA, 2016) que discute o teor de cloro ativo em diferentes marcas de água sanitária comerciais com as titulações iodométrica ou iodimétrica, que consiste numa reação redox entre o analito e o titulante (Da Silva, L. 2021). Dessa maneira, o cálculo das concentrações em g/L de hipoclorito de sódio e hidrogênio foram realizados a partir das titulações iodométricas – de acordo com a norma – em duplicata no laboratório, o qual manteve uma temperatura próxima de 25 °C e uma pressão atmosférica de 1 atm. A massa desses produtos em mg é obtida a partir da Lei de Faraday.

Outrossim, os experimentos realizados foram divididos em três experimentos, os quais foram variadas as vazões de circulação da água do mar na célula eletrolítica de

acordo com a Tab. 1, no qual o valor resultante médio foram as verificações da vazão no início, na metade e no final do experimento. Por conseguinte, os valores do tempo de residência foram alterados, já que o tempo de residência é calculado de em função da vazão. Bem como, foram mantidos os valores, para os três experimentos, constantes de tensão de 4 V, corrente de 5 A e a concentração da salmoura, ou água do mar, de 30 g/L.

Tab. 1: Variação de fatores para os experimentos

Experimento	Vazão (mL/min)	Tempo de residência (min)
1	19,9	33
2	8,9	73,7
3	3,4	192,9

Resultados

Conforme os resultados das análises feitas nos experimentos, o terceiro experimento realizado com uma vazão de 3,4 mL/min alcançou uma eficiência de eletrólise de 81,79 %, a concentração máxima de hipoclorito de sódio foi de 3,13 g/L como exibido na Fig. 2. As massas geradas de NaClO e H₂, no experimento, foram respectivamente, 36179,56 mg e 971,26 mg. A potência aplicada na célula foi de 20,98 W e a energia consumida pela célula foi de 0,07 kWh. De modo geral, os resultados obtidos nos experimentos quando comparados aos dados da literatura são muitos favoráveis, já que de acordo com a literatura, as células eletrolíticas que apresentam o mesmo modo de operação contínuo, as concentrações de hipoclorito de sódio variam entre 4 g/L e 8 g/L.

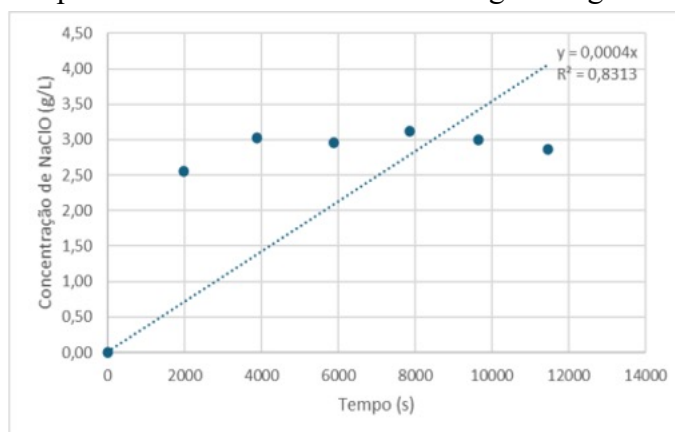


Fig. 2: Gráfico da concentração de NaClO no tempo para o experimento 3.

Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores pelas orientações e pelos conhecimentos passados ao longo da pesquisa. Ademais, gostaria de agradecer aos meus colegas de pesquisa do PIBIC/PIBITI que em conjunto contribuíram para alcançarmos os objetivos da pesquisa.

Referências

AFIFY, Ahmed et. al. Produção eletroquímica de hipoclorito de sódio a partir de águas residuais salgadas usando um eletrodo de grafite poroso de fluxo. *Energies*, [S.l.], v. 16, n. 12, p. 4754, 2023.

DE LARA, Daniela Mueller; RICHTER, Marc François. Hidrogênio verde: a fonte de energia do futuro. *Novos Cadernos NAEA*, v. 26, n. 1, 2023.

DA SILVA, Leonardo Carvalho da. Identificação e validação do teor de hipoclorito de sódio em águas sanitárias comercializadas em Santa Quitéria do Maranhão. 2021.

LIMA, Ana Luiza Lorezen. Estudos de eletroquímica: reações químicas e energia. 2020.

NBR 9425. Solução de hipoclorito de sódio comercial - determinação do teor de Cloro ativo pelo método volumétrico. Rio de Janeiro, 2005.

TEIXEIRA, MARIA SUELY BRAGA. AVALIAÇÃO DO TEOR DE CLORO ATIVO EM DIFERENTES MARCAS DE ÁGUAS SANITÁRIAS. 2016. Monografia (Bacharelado em Química) - Universidade Federal do Ceará, 2016.