

Produção de Hidrogênio por meio da eletrólise com uso do cloreto de sódio

Production of Hydrogen through electrolysis using sodium chloride

José Paulo Diogo Júnior, Mestrando em Tecnologia de Ambiente, Faculdade de Tecnologia UNICAMP.

prof.jose_paulo@yahoo.com.br

Mariane Alves de Godoy Leme, Doutoranda, Faculdade de Engenharia Civil UNICAMP.

Maryane88@hotmail.com

Sandra Bizarria Lopes Villanueva, Pós Doutor, Faculdade de Engenharia Química UNICAMP.

Sandra.lopes@facens.br

Resumo

O consumo desenfreado de energias não renováveis que, muitas vezes também são poluentes, geram problemas sociais, ambientais e econômicos em nível global. Neste trabalho é utilizada a eletrólise para a geração de Hidrogênio no estado gasoso, a fim de obter uma forma de energia limpa e renovável. O método é realizado com o uso de eletrodos de carbono e Cloreto de Sódio como eletrólito. O objetivo foi encontrar a melhor concentração para produzir este Hidrogênio de forma mais rápida modificando apenas a concentração do eletrólito em 10, 15 e 20 por cento. Utilizando voltagem e amperagens possíveis por células fotovoltaicas os experimentos foram realizados e medidos a quantidade de Hidrogênio produzido em relação ao tempo. Foi concluído que a concentração de 20% de Cloreto de Sódio contém velocidade superior a das outras concentrações testadas neste experimento.

Palavras-chave: Hidrogênio; Eletrólise; Cloreto de sódio.

Abstract

The consumption of non-renewable energy, which is often also polluting, generates social, environmental and economic problems at the global level. In this work we used electrolysis to generate hydrogen in a gaseous state. The method is performed with the use of carbon electrodes and sodium chloride as electrolyte. The purpose was to find the best concentration to produce this hydrogen more rapidly changing only the concentration of electrolyte in 10, 15 and 20 per cent. Using voltage and amperage possible by photovoltaic cells experiments were conducted and measured the amount of hydrogen produced over time. It was concluded that the concentration of 20% sodium chloride contains faster than the other concentrations tested in this experiment.

Keywords: Hydrogen; Electrolysis process; Sodium chloride.

1. Introdução

A queima do carvão para produção de energia ainda é utilizada juntamente com novas tecnologias como queima de combustíveis fósseis e naturais. Atualmente, uma pequena parcela da energia mundial é gerada por fontes limpas e/ou renováveis (PRADO, 2006).

A queima do carvão e do petróleo significou um marco para o desenvolvimento econômico no século XVIII. A revolução industrial deu origem ao capitalismo moderno e expandiu extraordinariamente, e continua expandindo hoje com uma velocidade muito grande, porém esse desenvolvimento trouxe conseqüências negativas à natureza. As principais conseqüências são: a escassez de recursos naturais e alterações climáticas. Hoje a sociedade industrial exige uma enorme quantidade de calor e pressão, e são dependentes da indústria petroquímica e de grandes fluxos de produtos tóxicos e perigosos. Esse calor excedente acaba se convertendo em poluição, chuva ácida e efeito-estufa (PRADO apud HAWKEN e LOVINS, 1999, p 02).

Estima-se que em 2008, o mundo consumia 80 mil barris de petróleo por dia, o equivalente a 12.720.000 L “doze milhões e setecentos e vinte mil litros’ de petróleo por dia”. (KAMMEN, 2009, p 22).

Atualmente, relaciona-se o aumento do consumo de energia com o aumento do desenvolvimento econômico de um país. Esta relação ocorre devido ao alto consumo energético da indústria. O consumo de energia aumentou consideravelmente após a Segunda Guerra Mundial, que na época, era apenas um décimo do consumo atual (BAIRD, 2002, p 249).

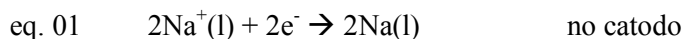
O atual consumo anual de energia, à nível global, é de 0,5 zettajoule ($0,5 \times 10^{21}$ joules), segundo Baird [2002, p 248], isto é equivalente a queima de um bloco de carvão de 20 Km³.

A energia move o mundo, sendo necessárias mais fontes de energia renováveis e limpas. À sugestão de muitos cientistas para o uso do gás hidrogênio como forma de substituição do petróleo e do gás natural (BRAGA, 2005, p 64). Ele pode ser obtido de várias formas, eletrólise por exemplo, onde é adicionado algum eletrólito para conduzir a corrente como Hidróxido de Sódio, Ácido Clorídrico ou Cloreto de Sódio.

A energia solar tem se tornado um objetivo importante para a produção de energia de uma forma alternativa e ambientalmente correta. Além de ser uma fonte de energia gratuita, quando feito de Silício Monocristalino, tem uma eficiência equivalente a 24,7% de conversão e com painéis fotovoltaicos formando uma área equivalente a 35 m² são capazes de gerar 24 volts e 3,6 amperes (GORDON, 2001, p 194).

Daniel O’Connell, diretor de pesquisas da General Motors, construiu um protótipo de carro movido a célula de hidrogênio que utiliza menos de 55 gramas de platina, o que é uma evolução considerando que em 1995 uma célula de combustível continha 5 quilos de platina. A primeira célula a combustível foi utilizada na Apollo 11, que pesava o equivalente a 1,5 Toneladas. Esta célula de combustível impulsionou a Apollo 11 durante toda a viagem, desde a saída da atmosfera terrestre até a reentrada, e também foi ela que manteve 100% da produção de energia para a nave, mantendo o funcionamento dos computadores de bordo, suprimento de oxigênio e demais funções.

A eletrólise é a aplicação externa de um potencial elétrico em um sistema denominado célula eletrolítica. As células eletrolíticas tem se tornado cada vez mais importantes no ramo industrial. (MAHAN & MYERS, 2005, p 187), sendo caracterizada por ser um sistema onde conduz corrente por meio de uma solução aquosa que é possível apenas com o uso de dois eletrodos. As reações que ocorrem em um sistema eletrolítico utilizando Cloreto de Sódio é: (BROWN et al, 2000, p 754)



"No cátodo, forma-se gás hidrogênio, assim sabemos que ou H^+ ou H_2O sofreu uma redução. A concentração de moléculas H_2O na solução aquosa de NaCl é muito maior que a dos íons H^+ (aproximadamente 560 milhões de vezes maior, como podemos calcular a partir do K_w)."
 (RUSSEL, 2002, p 889)

Motivado pelos fatos supracitados, neste trabalho foi desenvolvido um método alternativo de obtenção de hidrogênio através da eletrólise da água com diferentes concentrações de cloreto de sódio, sendo uma forma de obtenção de energia limpa e renovável.

2. Materiais e Métodos

A produção de hidrogênio através da eletrólise da água foi realizada utilizando dois eletrodos com base em carvão e um líquido iônico. Foram realizados 3 experimentos, sendo a concentração de Cloreto de Sódio adotada em 10%, 15% e 20%, em massa, respectivamente.

A seguir são descritos os materiais utilizados assim como a sistemática utilizada para a coleta de dados.

Materiais

Nos ensaios de eletrólise foram utilizados os seguintes materiais:

- 2 provetas de 250ml
- 1 valise de 5 Litros
- 2 eletrodos de carvão retirados de pilhas comuns
- 1 gerenciador de frequência
- 2 pedaços de mangueira para servir de isolante
- 2 fios ponta macho/jacaré
- Suporte com presilhas
- Fios de cobre

- Cola plástica para isolar os eletrodos
- Cloreto de Sódio

Montagem do Sistema

O sistema de eletrólise foi montado conforme mostrado na figura 1, sendo:

(1) Eletrodos – Enrolando a ponta do fio de cobre na ponta do eletrodo, foi inserido na mangueira toda a parte do eletrodo com fio e isolado com a cola plástica para não entrar em contato com a água.

(2) Solução Aquosa – O Cloreto de Sódio foi adicionado à água e agitada a solução pelo tempo de dois minutos.

(3) Provetas – Encheu-se a proveta totalmente com a água já diluída com o Cloreto de Sódio, tampando completamente a boca com a palma da mão e virando a proveta em 180° no sentido vertical e imergindo-a na valise cheia com água e colocando em um suporte.

(4) Gerenciador de Frequência – Foram ligados os eletrodos ao gerenciador de frequência.

Sistema Completo – Com a boca das provetas imersas na solução, foram colocados os eletrodos dentro delas e os fios no Gerenciador de Frequência ligado na rede elétrica.

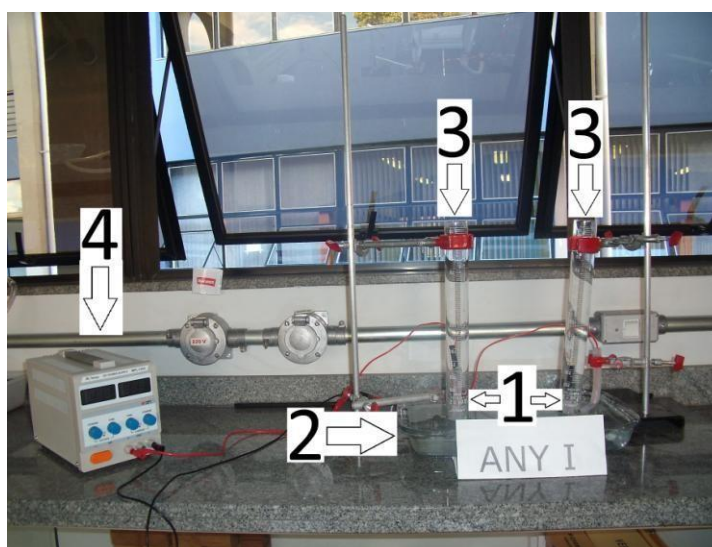


Figura 1: Sistema de produção de hidrogênio após montagem. Fonte: elaborado pelos autores.

Coleta de Dados

Durante a realização dos ensaios, as condições de operação, exibidas na tabela 1, foram mantidas constantes, coletando-se dados de: tempo, corrente e quantidade de hidrogênio (H₂) produzido em relação ao tempo.

Variáveis mantidas constantes	Valor das variáveis
Voltagem	24
Temperatura	25,5 °C

Distância do Eletrodo	0,14 m
Área do Eletrodo	$9,196746 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Pressão Barométrica Local Média	0,994 - 1,001 atm
Temperatura Local Média	22 - 27 °C

Tabela 1: Variáveis mantidas constantes nos experimentos. Fonte: elaborado pelos autores.

3. Resultados e Discussão

Concentração de eletrólito

Para a determinação da melhor concentração do eletrólito cloreto de sódio, todas as outras possíveis variáveis apresentadas na Tabela 1 foram mantidas constantes e iguais nos três experimentos realizados.

Para o experimento 1 foi adotada a concentração de 10% de eletrólito. Os dados obtidos estão dispostos na tabela 2:

H ₂ (ml)	Tempo (min)	Corrente (A)
0	0	0
30	5,33	0,65
90	14,58	0,69
150	23,57	0,72
200	31,09	0,76

Tabela 2: Dados coletados no experimento 1. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir do experimento, pode-se concluir que com a concentração de Cloreto de Sódio mantida em 10% produz 200 ml de Hidrogênio a 1 atm na forma de gás em 31,09 minutos conforme disposto na Tabela 2. A corrente sofreu uma variação total de 0,11 amperes.

Para o experimento 2 foi adotada a concentração de 15% de eletrólito. Os dados obtidos estão dispostos na tabela 3:

H ₂ (ml)	Tempo (min)	Corrente (A)
0	0	0
30	2,27	1,46
90	6,55	1,55
150	10,58	1,63
200	14,34	1,70

Tabela 3: Dados coletados no experimento 2. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir do experimento 2 pode-se concluir que com a concentração de Cloreto de Sódio mantida em 15% produz 200ml de Hidrogênio a 1 atm na forma de gás em 14,34 minutos conforme disposto na Tabela 3. A corrente sofreu uma variação total de 0,24 amperes.

Para o experimento 3 foi adotada a concentração de 20% de eletrólito. Os dados obtidos estão dispostos na tabela 4:

H ₂ (ml)	Tempo (min)	Corrente (A)
0	0	0
30	1,51	2,20
90	4,50	2,22
150	7,38	2,30
200	10,05	2,39

Tabela 4: Dados coletados no experimento 3. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir do experimento 3 pode-se concluir que com a concentração de Cloreto de Sódio mantida em 20% produz 200ml de Hidrogênio a 1 atm na forma de gás em 10,05 minutos conforme disposto na Tabela 4. A corrente sofreu uma variação total de 0,19 amperes.

Analisando o Gráfico 1 pode-se verificar que o experimento com maior rendimento é aquele que gera mais hidrogênio em menos tempo, portanto considera-se o experimento com maior rendimento aquele que tem um menor alfa em sua equação, sendo assim o aumento da concentração aumenta a eficiência do sistema.

Desta forma pode-se verificar que a maior concentração do eletrólito influencia diretamente no aumento da velocidade da reação, uma vez que visto no Gráfico 1. Este aumento ocorre apenas se for mantido a mesma voltagem durante todo o experimento, sem o acréscimo de eletrólito ou água, e também sem a modificação das variáveis iniciais mostradas na Tabela 1 e com a variação livre da corrente.

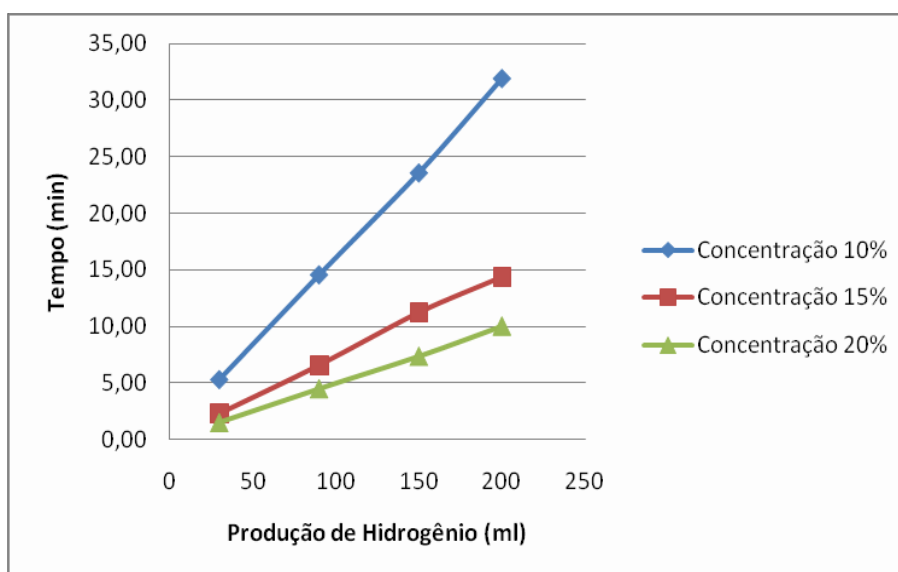


Gráfico 1: Experimentos 1, 2 e 3 - Tempo (min) x Produção de Hidrogênio (ml) em 1 atm. Fonte: elaborado pelos autores.

Analisando o Gráfico 2 pode-se verificar que o experimento com maior concentração de eletrólito gera maior corrente, desta forma a concentração de eletrólito é diretamente proporcional ao valor da corrente gerada pelo sistema. Analisando comultuamente o

Gráfico 1 pode-se concluir que a velocidade de reação do sistema aumenta quando a concentração do eletrólito aumenta.

Desta forma pode-se verificar que a maior concentração do eletrólito influencia diretamente no aumento da corrente, uma vez que visto no Gráfico 2. Este aumento ocorre apenas se for mantida a mesma voltagem durante todo o experimento, sem o acréscimo de eletrólito ou água, e também sem a modificação das variáveis iniciais mostradas na Tabela 1 e com a variação livre da corrente.

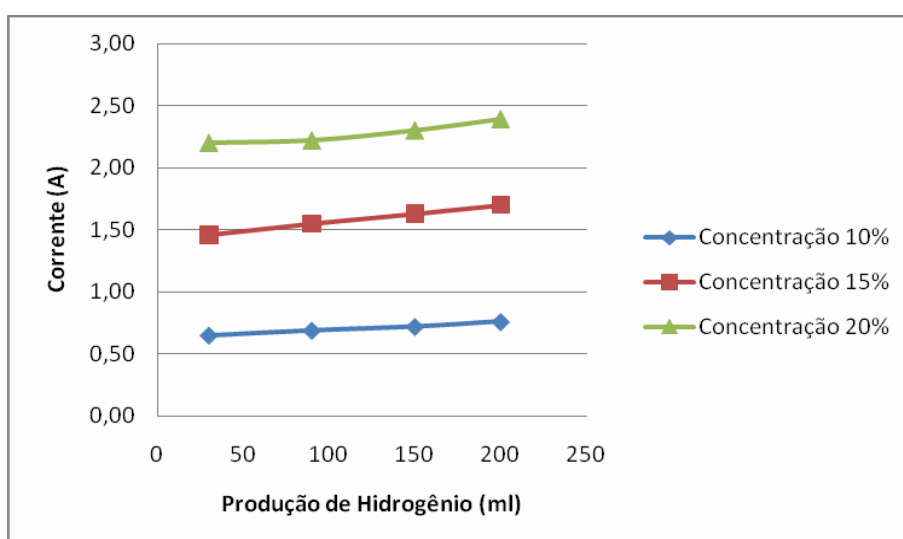


Gráfico 2: Experimentos 1,2 e 3 - Corrente (A) x Produção de Hidrogênio (ml) em 1 atm. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Conclusão

Quando a concentração de eletrólito Cloreto de Sódio (NaCl) aumenta a velocidade de produção de Hidrogênio (H₂) também aumenta, podendo concluir-se que a concentração do eletrólito cloreto de sódio e a produção de hidrogênio são diretamente proporcionais. Esta conclusão pode ser obtida observando o Gráfico 1 que demonstra que entre os três experimentos, aquele com 20% de concentração gerou 200ml de hidrogênio em menor tempo.

Pode-se concluir também que a partir das variáveis mantidas constantes apresentadas na Tabela 1 e a variável tempo e corrente livres, a corrente interfere diretamente na velocidade da reação como é demonstrado no Gráfico 2, onde conclui-se que amperagens maiores auxiliam diretamente no aumento da velocidade da reação.

Referências

BAIRD, Colin. Química Ambiental. ed.2. Santana. Bookman 2002

BRAGA, Benedito. Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. ed.2. São Paulo. Pearson 2007

BROWN, Theodore L. et al. Química: A ciência Central. ed.9. São Paulo. Perason 2007

GORDON, Jeffrey. Solar Energy. London: James & James 2001

KAMMEN, Daniel M. Should. We Risk It?. ed.7. New Jersey: Princeton University Press 2009

MAHAN, Bruce M. & MYERS, Rollie J.. Química: Um curso universitário. ed.4. São Paulo. Edgard Blüncher LTDA 2005

O'CONNELL, Daniel, Diretor do Grupo de Células de Combustível da General Motors. Programa Discovery Channel. Ecópolis. Episódio 02. 2010. visto em 04/07/2010

PRADO, Ana Carolina. Produção Biológica de Hidrogênio. Florianópolis. 2006.
http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_grad/trabalhos_grad_2006-1/hidrogenio.doc acesso em 11/03/2010 as 01:47

RUSSELL, John B.. Química Geral. ed.2. Vol 2. São Paulo. Pearson Makron Books 2006