



DESENVOLVIMENTO DE UM REATOR ELETROLÍTICO HÍBRIDO PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

Rafael Manzano Luqui¹; Jefferson Visotto²; Arquimedes Luciano³

RESUMO: Frente à crescente busca por matrizes energéticas mais sustentáveis, a presente pesquisa tem por objetivo investigar e desenvolver um reator eletrolítico híbrido que seja capaz de aproveitar a energia térmica dissipada por motores à combustão para produzir vapor e realizar a eletrolise do mesmo para a produção de hidrogênio e usá-lo como combustível no próprio motor. Trata-se de uma pesquisa quantitativa experimental, onde pesquisando as formas existentes de reatores eletrolíticos, foi construído um protótipo e realizado testes em laboratório proporcionando condições aproximadas das encontradas em um automóvel. Embora esta teoria não tenha se confirmado, é esperado que as informações contidas nesta pesquisa contribua para o aprimoramento das técnicas de produção de hidrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência; eletrólise; energia renovável; hidrogênio.

1 INTRODUÇÃO

Devido às perspectivas de um prazo relativamente curto para o esgotamento das reservas de petróleo em nível mundial, há a necessidade urgente de reestruturação da matriz energética (MME, 2010). Entre as possíveis alternativas de combustíveis renováveis, a utilização do hidrogênio vem ganhando destaque. Além de ser bastante utilizado na indústria química, petroquímica e alimentícia, possui também um grande potencial energético sendo cerca de 2,5 vezes maior do que o poder de combustão de um hidrocarboneto (gasolina, gásóleo, metano, propano, etc...) (SANTOS, 2002). Segundo Al-Rousan (2010), o gás HHO, ou gás de Brown, nome dado ao gás hidrogênio e oxigênio, produzido em um mesmo reator eletrolítico, pode ser injetado em motores de combustão interna, melhorando a eficiência e reduzindo o consumo de combustível.

Em 1783, Antoine Laurent de Lavoisier junto com J. B. Meunier de Laplace conseguiram a termólise da água, passando vapor d'água sobre ferro incandescente, e então decompô-la nos gases hidrogênio e oxigênio (MARTINS, 2013).

Para Souza Filho (2008), uma das melhores alternativas de se produzir hidrogênio seria através do processo de eletrólise da água, onde não é gerado nenhum resíduo prejudicial ao meio ambiente. Infelizmente na prática, durante a eletrolise da água, o consumo de energia demandado pelo processo acaba sendo maior do que a energia gerada pela queima do gás.

Diante das formas existentes, do ponto de vista econômico e ambiental, seria possível criar uma maneira mais eficiente de se produzir hidrogênio?

Considerando as técnicas descritas acima, pode-se imaginar que a fusão das duas técnicas resulte em um processo mais eficiente. Hipoteticamente seria possível aproveitar

¹ Acadêmico do 3º ano do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá – Paraná. Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/CNPq-Cesumar). rafael_luqui@hotmail.com

² Acadêmico do 3º ano do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. Colaborador do Projeto. jeffersonvizotto@hotmail.com

³ Orientador, Professor Mestre do Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR. arquimedes.luciano@unicesumar.edu.br



a energia térmica dissipada por motores a combustão para produzir vapor de água e injetá-lo em um reator eletrolítico híbrido que por sua vez produza hidrogênio e que possa ser utilizado como combustível pelo próprio motor, desta forma, a quantidade de energia gasta no processo de eletrolise seria menor e também seria possível reduzir o consumo de combustível fóssil pelo motor.

2 METODOLOGIA

A eletrólise da água consiste basicamente, na decomposição química da água em seus elementos constituintes, sendo eles, o hidrogênio e o oxigênio. A decomposição ocorre com a utilização de corrente elétrica contínua em uma solução diluída em água, que pode ser acida ou base. Quando essa corrente elétrica atravessa a água, a ligação entre os elementos se rompem gerando dois átomos de hidrogênio carregados positivamente, e um átomo de oxigênio carregado negativamente. Os íons negativos do oxigênio migram para o eletrodo positivo (ânodo) e os íons positivos de hidrogênio migram para o eletrodo negativo (cátodo). (SOUZA, 1998).

Segundo Lakatos et al, (1985), este projeto classifica-se como uma pesquisa quantitativa experimental.

Dentre as técnicas apresentadas de produção de hidrogênio, o processo mais difundido e forma de produção adotada neste projeto, é através da eletrólise, porem com uma diferença, ao invés de utilizar água, foi desenvolvido um reator híbrido projetado para realizar a eletrólise de vapor de água.

Posteriormente o reator híbrido seria instalado em um automóvel, onde seria montado um reservatório de água em torno do tubo de exaustão do motor (escapamento) a fim de aproveitar a energia térmica dissipada pelo motor que pode ultrapassar os 200°C para produzir vapor e injetá-lo dentro do reator que seria alimentado pela bateria do carro (12volts) e iria produzir o gás hidrogênio que por sua vez passaria por um borbulhador para retirar o vapor residual e depois seria injetado no motor do veiculo para diminuir o consumo e aumentar a eficiência do mesmo, conforme ilustrado na figura 1 .

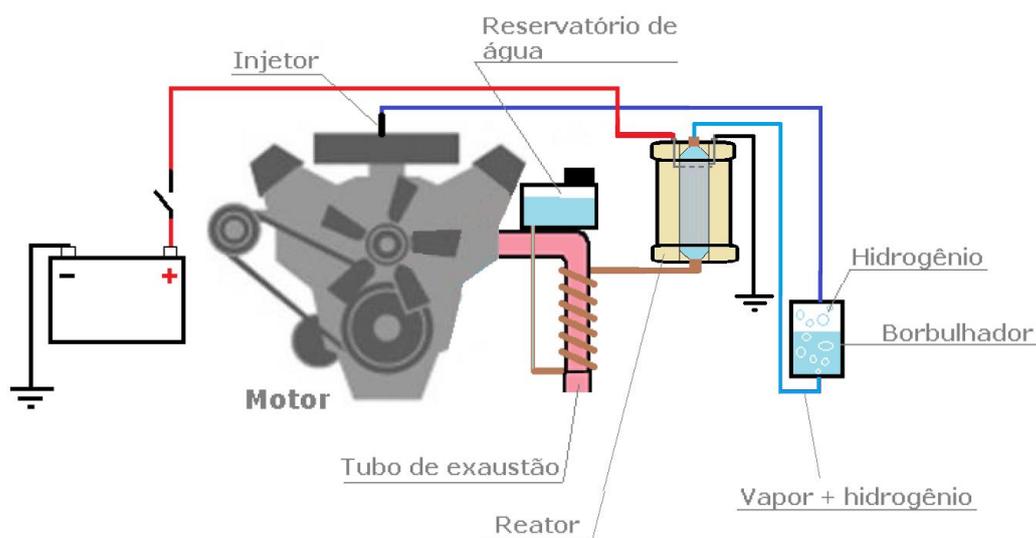


Figura 1. Reator Híbrido



2.1 MATERIAIS

O reator eletrolítico é composto basicamente por três partes:

- ✓ Conjunto de placas; foram utilizadas seis placas de aço inox austenítico tipo 304L medindo 60x120mm e 0,3mm de espessura perfuradas em um dos cantos para fixação.
- ✓ Suporte das placas; para manter as placas próximas, mas sem tocar uma nas outras, era preciso escolher um material que fosse relativamente rígido, não condutor e fácil de “trabalhá-lo”, então se optou em fazer o suporte com um seguimento de tubo de PVC de 1” (polegada) de diâmetro e 150mm de comprimento. Para acomodar as placas foram feitos seis cortes de cada lado no sentido longitudinal com 120mm de comprimento com espaçamento inicial de 1mm entre cortes.
- ✓ Câmara de eletrolise; composta de um tubo de PVC de 3” (polegadas) de diâmetro por 140mm de comprimento e dois caps (tampas) de PVC também de 3” com um conector pneumático rosqueado no centro de cada cap, sendo um deles também contendo dois parafusos passantes preso com porcas.

A montagem do reator foi realizada na orientação vertical, conforme figura 2.

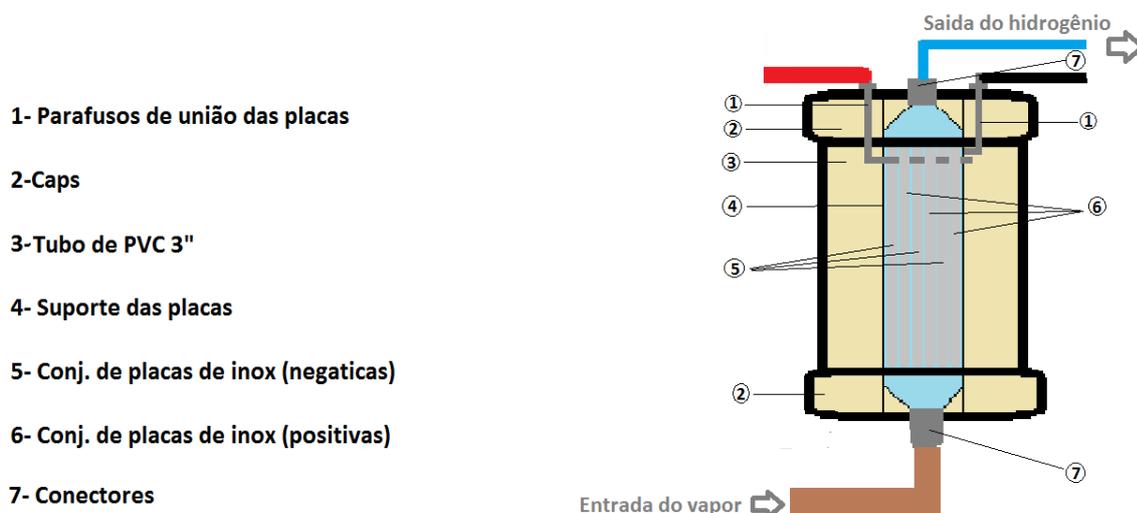


Figura 2. Reator vertical

Primeiramente foi inserindo alternadamente 3 placas de cada lado do suporte até atravessá-lo, mantendo o furo da placa no canto superior no sentido “para fora”. As placas de cada lado foram unidas passando um parafuso de 5mm também de aço inox através dos furos, intercalando as placas com arruelas de 2,5mm de espessura e preso na extremidade com porcas, formando dois conjuntos de placas (positivas de um lado e negativas do outro). Este conjunto foi inserido dentro da câmara de eletrolise e fechados com os dois caps, sendo o superior contendo os parafusos ligados internamente por dois



fios de cobre de 4mm aos conjuntos de placas. Em seguida, foram conectadas um seguimento de mangueira no conector de cada cap, por onde se dava a entrada e a saída do vapor na câmara de eletrolise.

2.2 METODOS

Após o protótipo do reator estar montado, foi realizado primeiramente, um teste em um dos laboratórios de química da própria instituição para verificar a quantidade de corrente elétrica consumida pelo reator em função da quantidade de vapor.

Procuramos fornecer nos testes de laboratório condições próximas das fornecidas por um automóvel. Para produzir vapor foi utilizado um balão de vidro tampado com 500ml de água e contendo um pequeno orifício secundário colocado sobre um aquecedor elétrico alcançando temperatura de 250°C. Utilizando uma mangueira conectada ao orifício do balão e um béquero de vidro virado de boca para baixo imerso em água, foi medido uma produção aproximada de 1 litro de vapor por minuto, então conectou-se uma mangueira no orifício do balão até o conector inferior do reator. O reator foi conectado a duas fontes de tensão de corrente contínua, com dois canais cada uma, ligadas em paralelo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após injetar o vapor no reator, as fontes foram ligadas com uma tensão inicial ajustada de 6 volts. Observando o display das fontes, nenhum consumo de corrente elétrica foi acusado, o que demonstra que não houve produção de hidrogênio. Então em seguida aumentou-se gradativamente a tensão até o limite das fontes (36 volts) e mesmo assim nenhuma leitura de corrente foi indicada.

Considerando que talvez o volume de vapor injetado no reator fosse insuficiente com relação a área da superfície de contato das placas, foi realizado um outro teste utilizando uma panela de pressão de 7 litros com água sobre a chama de um fogão domestico para gerar vapor, onde utilizando o mesmo método anterior, foi medido uma produção aproximada de 6 litros de vapor por minuto. Com a panela de pressão sobre o fogo sendo usada como fonte de vapor, foi montado o experimento da mesma forma, onde novamente nenhum consumo de corrente elétrica foi indicado. Imaginando a possibilidade das fontes não estarem indicando o consumo de corrente corretamente, foi aberto o circuito de alimentação e ligado um multímetro na função amperímetro, ligado em série com as fontes e constatou-se que realmente não havia consumo de corrente, e sendo assim, também não houve produção de hidrogênio significativas.

4 CONCLUSÃO

A tensão limite das fontes de 36 volts aplicada no reator durante os testes de laboratório não foi suficiente para romper a rigidez dielétrica formada por 1mm de vapor presente entre as placas, e desta forma esta técnica nas condições utilizadas não se confirmou como forma de se produzir hidrogênio.

O termo “rigidez dielétrica” se refere à tensão máxima que um material isolante pode suportar antes de se tornar condutor. No caso do ar úmido a rigidez dielétrica é de 1.800 volts/mm, ou seja, para que o vapor passe a conduzir em uma tensão de 12 volts



(tensão de uma bateria veicular), o espaçamento máximo entre as placas deve ser de aproximadamente 0,00667mm.

Infelizmente este espaçamento não foi possível de ser alcançado, devido às imperfeições presentes nas superfícies das placas utilizadas, e mesmo que isso tivesse sido possível, durante os testes, foi observado que com espaçamento de 1mm, ao passar o vapor pelas placas o mesmo começa a condensar, formando gotas de água no espaço entre as placas, unindo-as eletricamente, e assim o processo de produção de hidrogênio se torna “eletrolise de água” e não de vapor como se acreditava ser possível no início neste projeto.

Levando em conta que para realizar a eletrolise do vapor deve-se evitar que a condensação de água promova o contato entre as placas, então, o espaçamento mínimo entre placas deve ser superior a 1mm, porém com este espaçamento seria necessário uma tensão muito alta para romper a resistência do vapor, o que inviabilizaria o uso deste processo em automóveis. Uma possível solução seria acrescentar algum tipo de aditivo junto a água para poder tornar o vapor mais condutivo e assim diminuir a quantidade de tensão necessária para realizar a eletrolise do vapor.

REFERENCIAS

AL-ROUSAN, Ammar A.. **Reduction Of Fuel Consumption In Gasoline Engines By Introducing Hho Gas Into Intake Manifold**. International Journal Of Hydrogen Energy, Mutah, p. 12930-12935. 30 ago. 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A.: **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo. Ed. Atlas, 1985. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/conceitos-em-pesquisa-cientifica/10409/#ixzz2SetyZhQp>. Acesso em abril de 2013.

MARTINS, Elisa. **O cientista que desvendou o mistério da água**. Material disponível na internet em <http://chc.cienciahoje.uol.com.br/o-cientista-que-desvendou-o-misterio-da-agua/>. Acesso em abril de 2013.

MME Ministério De Minas E Energia, Brasília. **“Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil, Versão Beta”**, 2005, Ministério de Minas e Energia. Disponível na internet em <http://www.mme.gov.br> Acesso em Abril de 2013.

SANTOS, F. M. S. M. **A Geração Distribuída e as Células de Combustível**, trabalho da disciplina de Seminário de Sistemas de Energia do MEEC da FCTUC, orientado pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Setembro de 2002.

SOUZA, S. N. M. de. **Aproveitamento de Energia Hidroelétrica Secundaria para Produção de Hidrogênio Eletrolítico**. 1998. 211 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação de Planejamento de Sistemas Energéticos, Departamento de Engenharia Térmica e Fluidos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SOUZA FILHO, João Sales De. **Caracterização de um Eletrolisador Bipolar para Produção de Hidrogênio Visando o Uso de Painéis Fotovoltaicos como Fonte de Energia**. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pósgraduação em



Engenharia Química, Departamento de Centro de Ciências e Tecnologia – CCT,
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, 2008.