



# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA GERADOR DE HIDROGÊNIO GASOSO PARA UTILIZAÇÃO COMO COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO EM VEÍCULOS AUTOMOTORES

*Luis Thiago Panage Conelheiro<sup>1</sup>, Arquimedes Luciano<sup>2</sup>*

**RESUMO:** Uma grande porcentagem da poluição vem dos veículos que liberam poluentes atmosféricos, como monóxido de carbono, dióxido de azoto, partículas ultrafinas e compostos orgânicos voláteis que podem ter efeitos negativos não apenas sobre o meio ambiente, mas também sobre a saúde humana. A melhor forma de solucionar este problema é substituindo a queima de combustível fóssil por um combustível mais limpo. O hidrogênio é um excelente substituto, pois ele é facilmente produzido com água e tem um excelente aproveitamento. As misturas dos gases hidrogênio e oxigênio são inflamáveis, até mesmo explosivos, dependendo da concentração. A queima de hidrogênio com o ar produz muito menos poluentes atmosféricos que os combustíveis fósseis (petróleo, carvão) e bicombustíveis como o biodiesel e o etanol são grandes poluentes. Uma boa forma de produzir hidrogênio é através da eletrólise. Este método é bem interessante e relativamente simples: é realizada utilizando-se a energia elétrica e água, aplica-se uma tensão maior que 1,23 volts para quebrar a molécula de água (H<sub>2</sub>O) em seus constituintes, o hidrogênio (H<sub>2</sub>) e o oxigênio (O). Para saber a melhor forma e os melhores equipamentos e produtos para efetuar a eletrólise, serão efetuados vários testes laboratoriais e pesquisas bibliográficas e para saber qual a produção e eficiência desse combustível serão desenvolvidos e efetuados testes com células de eletrólise e células combustíveis. Com os resultados obtidos será possível desenvolver e aplicar um gerador de hidrogênio em veículos que consomem combustíveis poluentes e com isto reduzir a taxa de poluição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água, Economia, Eletrólise, Hidrogênio, Poluição.

## 1 INTRODUÇÃO

Os carros e outros veículos liberam diferentes poluentes atmosféricos, como monóxido de carbono, dióxido de azoto, partículas ultrafinas e compostos orgânicos voláteis que podem ter efeitos negativos não apenas sobre o meio ambiente, mas também sobre a saúde humana.

Estudos recentes revelaram que a poluição provocada no trânsito perto das escolas tem impacto significativo no desenvolvimento de asma em crianças. Esses estudos mostraram que as crianças, em escolas localizadas em ambientes de alto tráfego, tiveram um risco 45% maior de desenvolver asma. Os cientistas também

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário de Maringá – Cesumar, Maringá – Paraná. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento tecnológico e Inovação (PIBITI/CNPq-CESUMAR). It\_expert@hotmail.com

<sup>2</sup> Orientador e Professor do Curso de Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário de Maringá – Cesumar, Maringá – Paraná. arquimedes.luciano@cesumar.br



descobriram que o risco associado à exposição à poluição relacionada com o tráfego nas escolas é quase tão alta quanto a exposição residencial.

Outro interessante estudo constatou que a poluição atmosférica relacionada com o tráfego, pode estar ligada a uma maior taxa de morte entre as pessoas que sobreviveram inicialmente a problemas respiratórios.

A poluição causada pelo tráfego é responsável por mais de 250.000 novos casos de bronquite crônica e mais de 500.000 ataques de asma a cada ano na Europa (Planeta do Bem).

Além do problema da poluição os combustíveis fósseis estão se esgotando e futuramente é possível que eles faltem, por isso deve ser feita uma substituição urgente. Uma boa opção para este problema é substituir os atuais combustíveis pelo hidrogênio, pois ele é facilmente produzido com água e não é poluidor como os outros.

O hidrogênio é o mais simples e mais comum elemento do Universo, ele está presente em quase tudo. Ele compõe 75% da massa do Universo e 90% de suas moléculas, como a água (H<sub>2</sub>O) e as proteínas nos seres vivos. No planeta Terra, compõe aproximadamente 70% da superfície terrestre.

No seu estado natural e sob condições ambientes de temperatura e pressão, o hidrogênio é um gás incolor, inodoro, insípido e muito mais leve que o ar. Ele também pode estar no estado líquido, ocupando um espaço 700 vezes menor do que se estivesse em forma de gás, mas para isto ele tem que estar armazenado numa temperatura de – 253 °C, em sistemas de armazenamento conhecidos como “sistemas criogênicos”. Acima desta temperatura, o hidrogênio não pode ser liquefeito, mas pode ser armazenado em forma de gás comprimido em cilindros de alta pressão.

Um exemplo do potencial energético do Hidrogênio está na fonte de energia do Sol - compõe 30% da massa solar. É com a energia do hidrogênio que o Sol aquece a Terra, favorecendo a vida em nosso planeta.

As misturas dos gases hidrogênio e oxigênio são inflamáveis, até mesmo explosivos, dependendo da concentração. Quando queimado com oxigênio puro, os únicos sub-produtos são o calor e a água (figura 1). Quando queimado com ar, constituído por cerca de 68% de nitrogênio e 21% de oxigênio, alguns óxidos de nitrogênio (NOX) são formados. Ainda assim, a queima de hidrogênio com ar produz menos poluentes

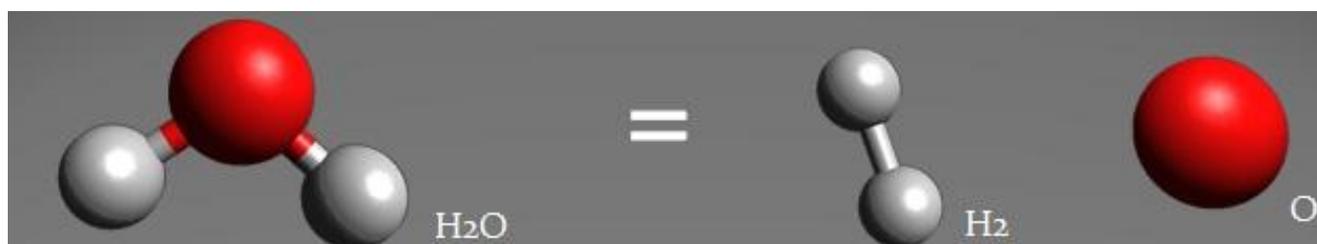
atmosféricos que os combustíveis fósseis (petróleo, carvão). Devido o hidrogênio ser mais leve que o ar e com isto escapar mais facilmente, não fica acumulado no caso de ocorrer um vazamento, ele se torna mais seguro que o gás de cozinha (GLP) e combustíveis líquidos (Etanol, Diesel e Gasolina), com isto evita explosões e grandes incêndios.



**Figura 1** - Queima do hidrogênio

Atualmente, a maior parte do hidrogênio produzido no mundo é utilizado como matéria-prima na fabricação de produtos como os fertilizantes, na conversão de óleo líquido em margarina, no processo de fabricação de plásticos e no resfriamento de geradores e motores. Agora, as pesquisas sobre hidrogênio estão concentradas na geração de energia elétrica, térmica e de água pura através das células a combustível.

A produção de hidrogênio através da eletrólise é bem interessante, econômica e relativamente simples, pois utiliza água como matéria prima. É realizada utilizando-se a energia elétrica para quebrar a molécula de água (H<sub>2</sub>O) em seus constituintes (figura 2), o hidrogênio(H<sub>2</sub>) e o oxigênio(O).



**Figura 2** - Produção do hidrogênio

O processo mais conhecido comercialmente é chamado de “eletrólise alcalina”. Este tipo de eletrólise é indicado para grandes produções de hidrogênio. Para ocorrer a quebra da molécula de água - ligação entre hidrogênio e oxigênio - a tensão aplicada deve ser maior que 1,23 volts (uma pilha comum tem 1,5 volts).



Sabendo que o hidrogênio é um excelente combustível e não poluente porque não usar ele nos veículos já existentes? Com vários testes laboratoriais e pesquisas bibliográficas foi possível desenvolver uma célula geradora de hidrogênio para alimentar os veículos sem precisar modificar o motor já existente. Já existem muitos veículos em todo o mundo e mesmo já existindo os combustíveis alternativos ou mesmo veículos elétricos, os movidos a combustível fóssil ou biocombustível continuará poluindo.

No Brasil o Ford Fusion Hybrid foi o primeiro veículo totalmente híbrido à venda, ele tem 2 motores: um movido a combustão e outro elétrico. A Ford anunciou a novidade no final de novembro do ano passado, mas o alto preço, que chegou a alcançar os R\$ 133.900,00 se torna um carro inviável para quase toda a população. A montadora admite que o carro, inicialmente, não é voltado para o público ambientalista e popular, mas, sim, para os apaixonados por novas tecnologias (Eco Desenvolvimento.org). Sem contar que o carro continua poluindo devido ele ainda utilizar o motor a combustão, outro problema de carros elétricos são as baterias grandes, pesadas, têm pouca autonomia e, quando gastas, viram lixo tóxico.



**Figura 3** - Ford Fusion Hybrid

Então a melhor forma de evitar a poluição não é somente começar a fabricar novos carros movidos a combustíveis limpos ou híbridos que por sua vez são todos muitos caros, mas sim colocar combustível limpo nos veículos já existente.



## 2 MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados pesquisas bibliográficas e testes laboratoriais sobre diferentes formas de produzir o hidrogênio através de eletrólise, qual a melhor forma de aproveitar seu rendimento energético e de tentar criar uma forma de controlar sua produção através de um circuito eletrônico visando consumo, rendimento energético e segurança.

Para produzir o hidrogênio através de eletrolise foram desenvolvidas algumas células geradoras de hidrogênio.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para reduzir a quantidade assustadora de emissão de poluentes atmosféricos liberados pelos veículos devemos substituir urgentemente os atuais combustíveis por um menos poluente.

Uma excelente opção é o hidrogênio que quando queimado com o ar produz menos poluentes atmosféricos que os combustíveis atuais e sua produção através de eletrólise são bem simples, pois utiliza água como matéria prima. Com isto, criamos um gerador de hidrogênio e implantamos em um veículo já existente sem a necessidade da troca de seu motor ou modificação do mesmo e dispensando a compra de um veículo híbrido com valor abusivo.

Foram testados dois tipos de célula (gerador) para produção de hidrogênio que será descrito logo abaixo:

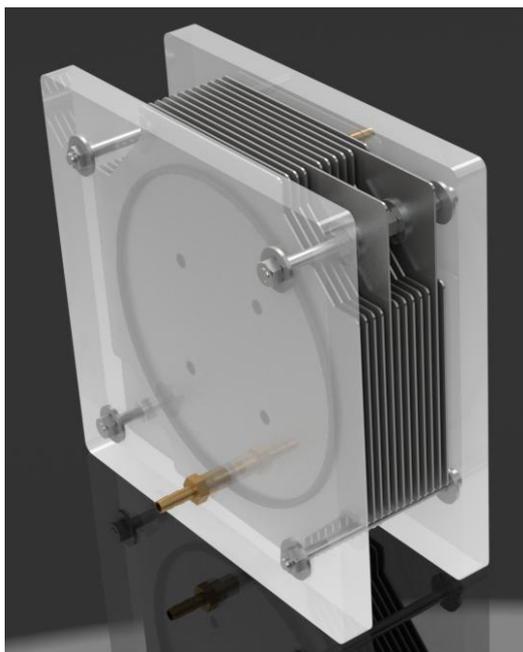
O primeiro modelo de célula foi fabricada de duas maneiras diferentes, a primeira maneira (figura 4) foi utilizado 40 cm de cano de PVC de 4" e 20 placas medindo 35x10cm de aço inox 310, nesta primeira maneira foi utilizado o reservatório fabricado com cano de PVC onde era feita a eletrolise para produção de hidrogênio utilizando água retirada da torneira e bicarbonato de sódio com sal, desta maneira teve produção de hidrogênio, mas o consumo de corrente elétrica foi muito alto atingindo 140A e a temperatura da água foi muito elevada chegando a atingir 100°C e deformando o PVC, devido este problema foi

refeito o mesmo modelo mas desta vez utilizando vidro temperado no lugar do PVC, desta maneira não deformou mas teve o problema ainda de alto consumo e alta temperatura e com isto gera vapores que não é desejável para este projeto. Nas duas maneiras devido o aquecimento e materiais utilizado o aço inox praticamente se desmanchou em aproximadamente 24 horas de uso.



**Figura 4** - Exemplo de célula fabricada em PVC

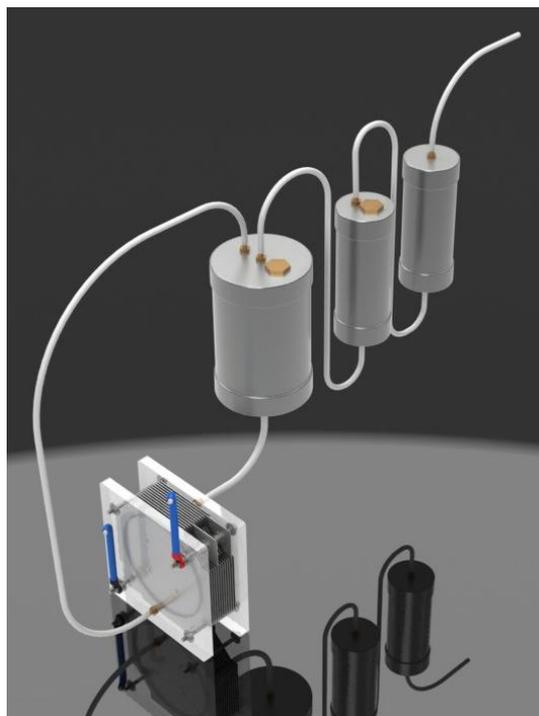
O segundo modelo de célula (figuras 5, 6 e 7) foi fabricado utilizando 2 reservatórios de água de veículos, acrílico, aço inox 316. Neste modelo Foi utilizado um reservatório para colocar água destilada junto com hidróxido de potássio onde servia também de expansão para os gases, outro reservatório servia de borbulhador onde ele também era preenchido com água destilada e o gás passava através da água para tentar segurar as partículas pesadas que acompanhasse os gases, a eletrólise acontecia em uma terceira parte onde foi fabricada com acrílico e aço inox 316. Depois de passar pelo borbulhador o gás passava por um filtro de combustível de veículo onde filtrava a umidade. O aço inox 316 é mais resistente a corrosão, neste modelo de célula consegui uma produção superior com um consumo bem menor chegando a 20A e a temperatura foi bem menor também sendo que trabalhou em média 2°C a mais que a temperatura ambiente e o aço inox trabalhou aproximadamente 720 horas sem nenhuma degradação.



**Figura 5 – Célula**



**Figura 6 - Célula (vista lateral)**



**Figura 7** - Conjunto completo do segundo modelo

No primeiro modelo se enchia uma seringa de 20 ml em 10 segundos, no segundo modelo a mesma seringa foi cheia em 4 segundos, lembrando que esta medição foi feita após 30 segundos de funcionamento das células, pois nos primeiros 30 segundos a produção é menor devido ser o início da eletrólise. O fato de que o segundo modelo produziu mais com menor consumo é devido ter utilizado água destilada e hidróxido de potássio e ter sido mais bem dimensionado o modelo da célula, pois neste modelo as aletas do aço inox ficam para fora e é refrigerado automaticamente pelo ambiente.

O segundo modelo foi instalado em um veículo GM Corsa 1.0 MPFI 8V onde foi utilizado hidrogênio e etanol para combustão devido não ter conseguido um controle preciso do sistema de injeção eletrônica não foi possível retirar o etanol 100% do veículo, mesmo com um controle da injeção eletrônica o veículo terá que ter um tanque com etanol ou gasolina, pois logo na partida ele precisa de combustível e quando inicia a produção de hidrogênio a mesma é fraca nos primeiros 30 segundos. Neste veículo que foi utilizado testamos aproximadamente 100 horas e mesmo não conseguindo ter controle do sistema de injeção eletrônica do veículo o mesmo reduziu o consumo de etanol para 70% e 30% de hidrogênio.



## 4 CONCLUSÃO FINAL

A aplicação de hidrogênio em veículos automotores é viável como pode ser visto a produção de hidrogênio através de eletrolise é possível e aplicável na queima como combustível alternativo nos veículos atuais, no segundo modelo de célula teve um bom rendimento e produção do hidrogênio, mas não tivemos tempo para encontrar um meio para controlar a injeção eletrônica do veículo onde é feito todo o controle de quanto combustível esta sendo queimado e qual tipo de combustível e com isto não foi possível remover 100% o etanol ou gasolina da queima.

Para efetuar o controle do sistema de injeção eletrônica, terá que ser feito uma pesquisa dedicada neste assunto e desenvolvido um sistema de controle eletrônico para ter uma boa precisão nas medições e controle.

Para melhorar o rendimento da célula podemos estar trabalhando futuramente com sistema de frenagem regenerativa. Em um sistema de frenagem convencional quando o pedal do freio é acionado, as pastilhas entram em atrito com o disco, este atrito converte a energia mecânica em energia térmica que é desperdiçada.

No sistema de frenagem regenerativa (figura 8) quando o freio é acionado motores elétricos efetuam a frenagem convertendo a energia cinética do veículo em energia elétrica e esta energia recarrega a bateria do veículo.

Com esta energia que foi gerada na frenagem podemos efetuar a eletrolise que ira gerar o hidrogênio, com isto o motor do veículo não é sobrecarregado na geração de energia elétrica para alimentação da célula geradora de hidrogênio e automaticamente iriamos consumir menos combustível fóssil.

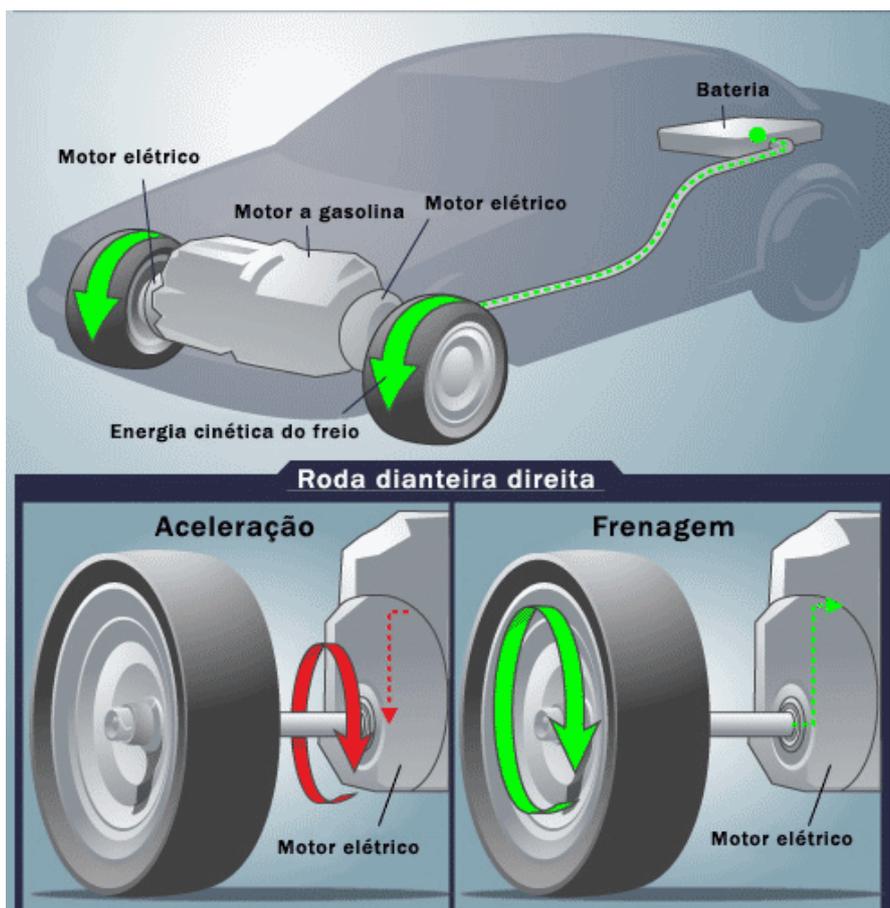


Figura 8 - Frenagem regenerativa

## REFERENCIAS

HIDROGÊNIO Disponível em: <<http://www.portalh2.com.br/producao.asp>>. Acesso em: 03 maio 2011.

POLUIÇÃO do ar causada pelos carros Disponível em: <<http://planetadobem.blogspot.com/2010/04/poluicao-do-ar-causada-pelos-carros.html>>. Acesso em: 16 abr. 2010.

REDAÇÃO ECOD (Org.). **Ford Fusion híbrido chega ao Brasil.** Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org.br/noticias/ford-fusion-hibrido-chega-ao-brasil>>. Acesso em: 23 dez. 2010.