

# CONSTRUÇÃO DE UM MECANISMO GERADOR DE HIDROGÊNIO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO NA MISTURA HIDROGÊNIO x GASOLINA

*Fernando Jesus de Paula<sup>1</sup>*

*Caio Cezar Neves Pimenta<sup>2</sup>*

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mostrar como é feita a construção de um gerador de hidrogênio e como ele pode ser aplicado em um veículo automotivo, substituindo certa quantidade de combustível fóssil por um combustível limpo. Para obtenção do gás hidrogênio ( $H_2$ ), realiza-se a eletrólise com o hidróxido de sódio (NaOH), mais conhecido como soda cáustica, como eletrólito. A eletrólise será realizada através de energia elétrica, água e o eletrólito NaOH. Para a realização dessa construção, foram utilizados como parâmetros de estudos: testes de produção, resistência à corrosão, tempo de funcionamento do motor com aplicação de diferentes cargas resistivas e eficiência da mistura combustível e  $H_2$ . Como parte da conclusão, teve como resultados uma diminuição de 25% do consumo de combustível.

**Palavras-chave:** Combustível, eficiência, eletrólise, hidrogênio, hidróxido de sódio.

---

<sup>1</sup> Aluno da Faculdade de Engenharia Mecânica – UniRV - Universidade de Rio Verde.

<sup>2</sup> Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica – UniRV - Universidade de Rio Verde.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Cetesb (2011), o estado de São Paulo teve um enorme crescimento na poluição ambiental, tanto no ar quanto nos rios e lagos, devido ao aumento dos veículos nas ruas e o volume concentrado de população em uma determinada região. Essa poluição gerou uma preocupação para os órgãos público e privado, que criaram métodos de estudos voltados para a eliminação dos gases poluentes.

O efeito smog é formado quando há a condensação de vapor d'água, porém, em associação com a poeira, fumaça e outros poluentes, o que dá um aspecto acinzentado ao ar. Esse efeito é prejudicial à saúde humana, sua inalação causa uma inflamação respiratória que pode durar de 18 a 24 horas, provocando tosse, dificultando a respiração e aumentando a asma, alergias e outros problemas, como ataques cardíacos (MIRANDA e BAPTISTA, 2008).

Teixeira et al (2008) afirmam que as emissões causadas por veículos carregam grandes variedades de substâncias tóxicas que, em contato com a via respiratória, podem causar diversos efeitos negativos à saúde, devido ao processo de combustão e queima incompleta do combustível. As emissões são compostas de gases como monóxidos de carbono (CO e CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e hidrocarbonetos (HC). Alguns são considerados cancerígenos, como os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), partículas inaláveis (MP10), entre outras substâncias. A tabela 1 mostra alguns efeitos que são prejudiciais à saúde.

Segundo estimativa da Cetesb (2004), os veículos automotores são responsáveis pelas emissões de 83,2% de CO; 81,4% de HC; 96,3% de NO<sub>x</sub>; 38,9% de MP10 e 53% de SO<sub>x</sub> na região central de São Paulo.

Senra e Lima (2014) afirmam que o consumo de energia está em um nível elevado. A produção de energia renovável é uma forma de amenizar o autoconsumo de combustíveis fósseis, por isso, surge um tópico em meio aos estudos realizados, que é sobre a melhor forma de gerar energia limpa. Estudos revelaram que, atualmente, a produção de hidrogênio é uma forma rápida, fácil e bastante vantajosa para complementar e até mesmo substituir os combustíveis fósseis - o único problema é seu alto custo de produção.

Este tema foi abordado devido à grande emissão de poluentes gerados através da queima de combustíveis fósseis e as formas de amenizar essas emissões e futuras doenças causadas por elas. Como o consumo dos combustíveis derivados do petróleo está muito alto, podendo levar ao fim das reservas de combustíveis fósseis, há necessidade de encontrar soluções mais

eficientes e menos poluentes para a produção e consumo de energia, eliminando em partes a dependência atual por combustíveis fósseis.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 GERAL

A abordagem principal será a construção de um mecanismo capaz de gerar hidrogênio na forma de gás, que será utilizado em um motor de 250 cilindradas. Serão feitos uma mistura entre hidrogênio e gasolina e testes para verificar a eficiência dessa mistura em relação ao consumo do combustível.

### 1.1.2 ESPECÍFICO

- a) Adaptar um mecanismo capaz de gerar hidrogênio, na entrada de ar do motor;
- b) verificar e quantificar as variações de tempo e consumo na mistura hidrogênio e gasolina.

## 1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.2.1 HIDROGÊNIO

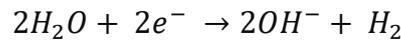
O hidrogênio é uma fonte renovável de energia, não tóxica, corrosiva ou cancerígena e embora seja inflamável, possui rápida dispersão e alto coeficiente de difusão, e possui quantidade de energia por unidade de massa maior que qualquer outro petróleo conhecido (52.000 BTU/lb ou 120,7kJ/g), cerca de três vezes mais que o petróleo em seu estado líquido (SENRA; LIMA, p.4).

Senra e Lima (2014, p. 4) afirmam que “o hidrogênio, como se sabe, é o elemento mais abundante no universo, podendo ser encontrado em praticamente 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”.

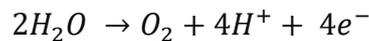
### 1.2.2 ELETRÓLISE EM SOLUÇÃO AQUOSA

Como se sabe, a energia de ionização varia de um elemento para outro e cresce para o mesmo elemento com o número de elétrons extraídos; do mesmo modo, a afinidade eletrônica de um átomo é uma ou outra, conforme o elemento químico considerado. Quando se submete à eletrólise uma solução aquosa de cloreto de sódio, os cátions  $Na^+$  e os ânions  $Cl^-$  dirigem-se respectivamente para o cátodo e para o anodo, mas as reações que aí se verificam provocam o desprendimento de  $H_2$  e  $O_2$ , segundo as equações (ROZENBERG, 2002):

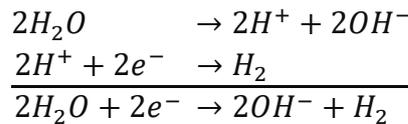
a) No cátodo:



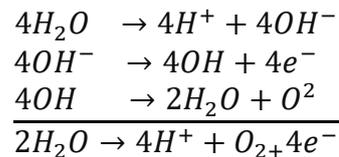
b) No ânodo:



Pelo que sugerem essas duas equações, tudo se passa como se, no cátodo, a captura dos elétrons se desse pelos íons  $H^+$  provenientes da ionização da água (ROZENBERG, 2002):



E, no anodo a liberação de elétrons se desse pelos íons  $OH^-$ :



Os fenômenos verificados na eletrólise de soluções aquosa de outros eletrólitos não diferem, substancialmente, dos que acabam de ser descritos para a solução aquosa de  $NaCl$  (ROZENBERG, 2002).

No cátodo, forma-se um gás hidrogênio, assim sabemos que ou  $H^+$  ou  $H_2O$  sofreu uma redução. A concentração de moléculas  $H_2O$  na solução aquosa de  $NaOH$  é muito maior que a dos íons  $H^+$  (aproximadamente 560 milhões de vezes maior) (RUSSEL, 1994).

### 1.2.3 ELETRÓLITOS

Desde as primeiras experiências com eletricidade, verificou-se que as soluções de algumas substâncias conduzem eletricidade. Os solutos que provocam este efeito em solução são chamados de eletrólitos. Como foi originalmente demonstrado por Arrhenius, em 1887, existem muitos casos nos quais o processo de dissolução é acompanhado pela dissociação ou ruptura de moléculas. Foi observado que eletrólitos invariavelmente pertencem a um dos três grupos de compostos: ácidos, bases ou sais. Uma solução de um eletrólito conduz melhor a eletricidade do que o solvente puro (MAHAN, 1997).

Os eletrólitos são classificados como fortes quando produzem soluções boas condutoras, dissociando-se totalmente, ou fracos, quando geram soluções ligeiramente condutoras. O principal solvente utilizado é a água. Um eletrólito pode ser iônico ou molecular. Na tabela 2 são dados alguns exemplos de eletrólitos fortes e eletrólitos fracos.

**TABELA 2-** Exemplos de eletrólitos fortes e eletrólitos fracos

<b>Eletrólitos Fortes</b>		<b>Eletrólitos Fracos</b>	
<i>HCl</i>	Ácido clorídrico	<i>HC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub></i>	Ácido acético
<i>NaOH</i>	Hidróxido de sódio	<i>NH<sub>3</sub></i>	Amoníaco
<i>NaCl</i>	Cloreto de sódio	<i>HgCl<sub>2</sub></i>	Cloreto de mercúrio
<i>KCN</i>	Cianureto de potássio	<i>HCN</i>	Ácido cianídrico
<i>BaSO<sub>4</sub></i>	Sulfato de bário	<i>CdSO<sub>4</sub></i>	Sulfato de cádmio

Fonte: MAHAN, 1997

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL

Para a construção deste experimento, serão utilizados um motor de 250 CC, um alternador de 60 A (amperes) marca Valeo, modelo GM 93312975, uma bateria de 50Ah (amperes) marca DUREX, uma célula de hidrogênio HHO, um controlador de amperagem PWM com uma corrente constante de 0 a 30 A (amperes).

### 2.1.1 CÉLULA DE HIDROGÊNIO

A célula de hidrogênio representada pela Figura 1 será composta por placas de aço inox 304L de 1 mm de espessura, placas de acrílico transparente para melhor visualização do processo, anéis de vedação, tubo flexível de dimensões 3/8” e 1/4”, plugs conectores, abraçadeira, parafusos e arruelas de aço inox.

Baseado em projetos já feitos por terceiros, para uma melhor eficácia na produção do hidrogênio para veículos de 12 V (volts), utiliza-se um total de 7 placas, sendo 5 delas neutras, 1 negativa e 1 positiva. Cada placa requer uma voltagem específica de 1,57 V (volts).

Neste projeto será testada uma célula com 21 placas, sendo 16 neutras, 3 negativas e 2 positivas. De acordo com o que foi estudado, o anodo (pólo negativo) consegue quebrar a molécula de água com mais eficiência devido à reação química. Por este motivo, terá um pólo negativo a mais que o positivo.

A reação química realizada dentro da célula de hidrogênio é feito através da eletrolise, como se sabe, para realizar esse processo químico, é necessário a alimentação de energia, o que será feito através do PWM, um controlador de tensão usado para ajudar neste processo. Os plugs servirão para abastecimento de água e transporte do gás hidrogênio até o filtro de ar do motor.

**Figura 1-** Célula de hidrogênio



Fonte: Próprio autor (2017).

O passo a passo da montagem da célula é realizado da seguinte maneira:

- a) A primeira parte será a placa de acrílico, seguida de um anel de vedação centralizado na placa.
- b) A primeira placa de aço inox a ser colocada será uma negativa, seguida de 4 placas neutras divididas por anéis de vedação.
- c) Com um total de 4 placas neutras, será colocada a placa positiva, e, repetindo o passo anterior, colocaremos mais 4 placas neutras com anéis de vedação entre elas, até atingir um total de 21 placas. Para finalizar, a última placa negativa e a placa de acrílico.
- d) Serão necessários alguns furos nas placas de aço inox para a transferência de água de uma para a outra, e na placa de acrílico, para que o gás hidrogênio possa ser encaminhado para o motor.

#### 2.1.2 MOTOR 250 CC.

A Figura 2 representa o motor que será utilizado para fazer os testes na mistura de hidrogênio e gasolina. Será utilizado um motor da marca Honda, 1 cilindro, disposição vertical, 4 válvulas por cilindro, 4 tempos, DOHC, cárter úmido, para a realização dos testes o motor estará com uma rotação fixa de 6000 RPM que poderá ser vista através de um tacômetro da marca MATSUYAMA.

**Figura 2-** Motor 250 CC



Fonte: Próprio autor (2017).

### 2.1.3 CONTROLADOR PWM

O controlador PWM (Pulse-Width Modulation) marca Droyd, conforme mostrado na Figura 3, é um aparelho que trabalha com uma tensão de 9 a 16 Vcc, será utilizado para controlar a corrente elétrica fornecida pela bateria, de acordo com a necessidade do trabalho, que será 18 A (amperes).

**Figura 3** - Controlador PWM 12V 30A



Fonte: Próprio autor (2017).

## 2.2 MÉTODOS

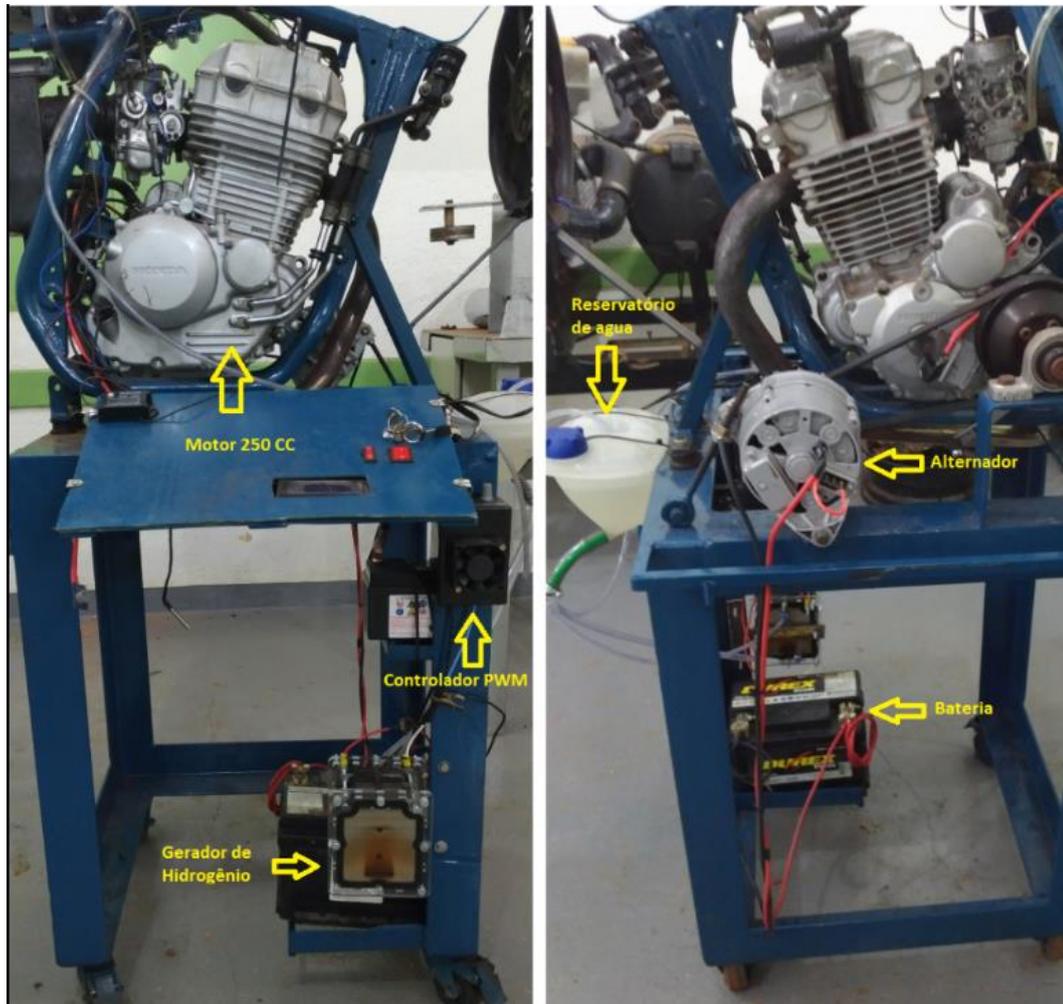
### 2.2.1 MISTURA DO ELETRÓLITO

Para o experimento, serão utilizados 50 gramas de  $N_aOH$  (soda caustica) encontrada em supermercados, e será diluído em 1500 ml de água destilada

### 2.2.2 MONTAGEM DA CÉLULA H<sub>2</sub>O

A montagem de todos os itens foi feita no laboratório da Engenharia Mecânica da UniRV-UNIVERSIDADE DE RIO VERDE (Goiás). O protótipo foi montado conforme a Figura 4: uma estrutura para o motor e a célula H<sub>2</sub>O. O acoplamento da mangueira de combustível hidrogênio será uma adaptação feita no filtro do ar do motor, e a melhor posição e lugar para este acoplamento será analisada. A célula será montada em uma bancada, com as devidas ferramentas e cuidados necessários, pois, além do trabalho com uma mistura ácida, também haverá peças cortantes, como as placas de aço inox.

**Figura 4** - Estrutura para o motor, célula Hho, alternador, reservatório de água e controlador PWM



Fonte: Próprio autor (2017).

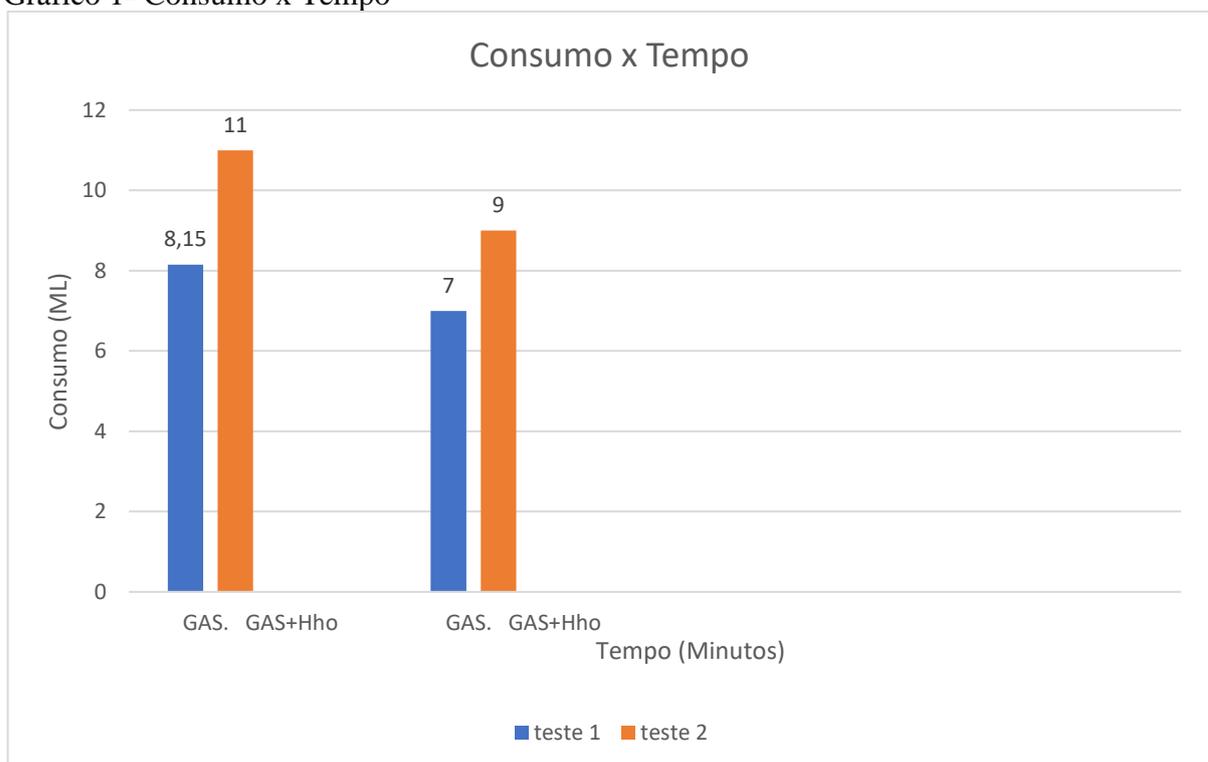
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o Gráfico 1, todos os testes foram realizados com 100 mL de combustível (gasolina e gasolina + hidrogênio) e com o motor travado a 6000 RPM, funcionando até que o combustível acabe. A primeira bateria de teste é composta por 8 testes, divididos em 2 etapas, a primeira etapa foi realizada 4 testes com o motor desengatado, com o combustível sendo apenas gasolina e teve duração média de 8,15 minutos, representado no gráfico pela cor azul. Ainda na primeira bateria de teste foi feita a mistura gasolina e hidrogênio com as mesmas condições de operação, obtendo um resultado de 11 minutos, representado pela cor laranja.

A segunda bateria de 8 testes, também dividida em 2 etapas, teve duração média de 7 minutos e foi realizado com o motor engatado na sexta marcha, com o combustível sendo apenas gasolina, representado no gráfico pela cor azul. Na segunda etapa desta bateria de teste, foi feita a mistura gasolina e hidrogênio com as mesmas condições de operação, obtendo um resultado de 9 minutos, representado pela cor laranja.

Foi utilizado uma tensão de alimentação de 18 A, pois foram realizados alguns testes para verificar a tensão que melhor produziria hidrogênio, com uma tensão abaixo de 18 A (amperes) a produção de hidrogênio era fraca, acima de 18 A, a produção era forte, porem gerava um aquecimento alto na célula o que poderia ser prejudicial no equipamento. Então foi adotado 18 A, pois atendia a quantidade de produção e o aquecimento na célula era menor.

Gráfico 1- Consumo x Tempo



Fonte: Próprio autor (2017).

## **4 CONCLUSÃO**

Conclui-se que houve uma melhoria de aproximadamente 25% em relação ao consumo de combustível (gasolina); porém, há um aquecimento na célula de hidrogênio como dito nos resultados, devido à eletrólise, que deverá ser analisado futuramente, para prever danos na célula. O alternador original deverá ser trocado por outro de maior potência, sendo aproximadamente 20 amperes maior, devido ao consumo contínuo de 18 amperes da célula de hidrogênio, o que servirá de substituição para este consumo.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Para trabalhos futuros, sugiro que se realizem os mesmos testes em um motor com injeção eletrônica, para verificar os rendimentos neste. Para armazenar o hidrogênio produzido, poderá ser adaptada uma válvula normalmente fechada. Como se sabe que a eletrólise não é um processo instantâneo, a adaptação do reservatório de hidrogênio e a válvula normalmente fechada ajudarão no início do processo de combustão até o momento em que a célula começará a produzir hidrogênio puro. Para prevenir riscos de fogo, deverá ser adaptada uma válvula antichamas.

## REFERÊNCIAS

CETESB. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. 2011. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, SP.

CETESB. **Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. 2004. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP.

MAHAN, B. H; MYERS, R. J. **Química: um curso universitário**. 4. ed. São Paulo: E. Blucher, 1997.

MIRANDA E BAPTISTA. **A Poluição Do Ar Na Cidade de Goiânia-Go e a Prática de Exercícios Físicos**. 2008 -EFR Vol. 2, No 3.

ROZENBERG, Izrael Mordka. **Química geral**. Edgard Blucher, 2002.

RUSSEL, John B. **Química Geral – vol 1 e 2**. São Paulo: Makron, 1994.

SENRA, Fernando Osório; DE LIMA, Kelly Aparecida Moreira; DE ABREU, Rodrigo Araújo. **Estudo da aplicação de hidrogênio e gasolina em motor ciclo Otto**. 2014.

TEIXEIRA, E. C; FELTES, S; SANTANA, E. R. R. **Estudo Das Emissões De Fontes Móveis Na Região Metropolitana De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul**. Química Nova, Vol. 31, pág. 244, 2008.