



Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-429-0 DOI 10.22533/at.ed.290192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO <sub>2</sub> E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>60</b>
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>73</b>
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
<a href="#">Ana Carolina Silva de Oliveira Lima</a> <a href="#">Ana Cláudia Pimentel de Oliveira</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>77</b>
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO ( <i>NICOTIANA TABACUM</i> ) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
<a href="#">Magda Regina Santiago</a> <a href="#">Lígia Maria Salvo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>85</b>
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
<a href="#">Carla Vieira Pontes</a> <a href="#">Talita Gantus de Oliveira</a> <a href="#">Vitor Pereira Faro</a> <a href="#">Roberta Bomfim Boszczowski</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2901925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>95</b>
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
<a href="#">Alison de Souza Norberto</a> <a href="#">Rafaella de Moura Medeiros</a> <a href="#">Maria Odete Holanda Mariano</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>104</b>
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
<a href="#">Leonardo de Lima Moura</a> <a href="#">Claudio Fernando Mahler</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250611</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>117</b>
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
<a href="#">Millena Gabriela Gualberto de Souza</a> <a href="#">Nandeyara de Oliveira Costa</a> <a href="#">Glaucio Luciano de Araujo</a> <a href="#">Marcela Moreira Couto</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250612</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>126</b>
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
<a href="#">Daniela Cristiano Rufino</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250613</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>138</b>
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>146</b>
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>150</b>
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>166</b>
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>183</b>
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>195</b>
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250619</b>	



<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>211</b>
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
<a href="#">Jéssica Beatriz Dantas</a> <a href="#">Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento</a> <a href="#">Thayse Farias de Barros</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>222</b>
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
<a href="#">José Waltrudes Castanheira Pereira</a> <a href="#">Márcio Cataldi</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250621</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>238</b>
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
<a href="#">Maxwell Sousa Costa</a> <a href="#">Anderson da Silva Rocha</a> <a href="#">Lucas Paglioni Pataro Faria</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250622</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>252</b>
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
<a href="#">Amanda Souza da Silva</a> <a href="#">Rejane Félix Pereira</a> <a href="#">Umberto Sampaio Madeiro Junior</a> <a href="#">Guilherme Geremias Prata</a> <a href="#">Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>258</b>
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
<a href="#">Nandeyara de Oliveira Costa</a> <a href="#">Millena Gabriela Gualberto de Souza</a> <a href="#">Glaucio Luciano de Araújo</a> <a href="#">Marcela Moreira Couto</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>270</b>
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
<a href="#">Olaf Graupmann</a> <a href="#">Susan Hatschbach Graupmann</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>273</b>
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
<a href="#">Ana Luiza Enders Nunes Vieira</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250626</b>	

<b>CAPÍTULO 27 .....</b>	<b>279</b>
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes  Jouséberon Miguel da Silva  Henrique Lopes Jardim  Alaor Afonso Ramos Soares  Glaucimar Lima Dutra</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28 .....</b>	<b>289</b>
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa  Humberto Dionísio de Andrade  Samanta Mesquita de Holanda  Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29 .....</b>	<b>296</b>
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa  Isabela Nascimento Souza  Juliana Lisboa Santana  Isabelle Maria Duarte Gonzaga  Lays Carvalho de Almeida  Aline Resende Dória  Luma Mirely Souza Brandão  Débora da Silva Vilar  Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250629</b>	
<b>CAPÍTULO 30 .....</b>	<b>307</b>
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra  Emerson Acácio Feitosa Santos  João Gomes da Costa  Thiago José Matos Rocha  Aldenor Feitosa dos Santos  Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31 .....</b>	<b>323</b>
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca  Felipe de Lucas Barbosa  José Otavio Baldinato</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.29019250631</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>341</b>

## O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

**Gustavo Destefani Picheli**

Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG  
Varginha - MG

**Luiz Carlos Vieira Guedes**

Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG  
Varginha - MG

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma análise do uso do hidrogênio em motores de combustão interna. Tal abordagem se faz necessária, mediante as informações que estão circulando atualmente nas mídias sociais, a respeito da alta economia de combustível que o gerador de hidrogênio proporciona ao veículo. A desmistificação dessas informações trará uma enorme relevância pelo fato de mostrar realmente, se o gerador de hidrogênio economiza combustível. A finalidade desta análise é desmistificar as informações sobre uma possível economia no consumo de combustível, aliada à presença do gerador de hidrogênio, acoplado ao motor de um veículo automotivo de combustão interna. Este propósito será alcançado através de testes laboratoriais e pesquisas bibliográficas, composta principalmente por livros, artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado. Dando continuidade ao projeto, serão realizados testes laboratoriais simulando a quantidade de hidrogênio que o gerador

de hidrogênio produzirá numa determinada corrente elétrica e por um determinado período de tempo. Essa simulação nos permitirá coletar dados para a realização de cálculos e possibilitará uma comparação com um veículo automotivo de combustão interna.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrogênio. Economia. Combustão interna. Gerador de hidrogênio.

**ABSTRACT:** This paper presents an analysis of the use of hydrogen in internal combustion engines. Such an approach is necessary, through the information that is currently circulating in social media, regarding the high fuel economy that the hydrogen generator provides to the vehicle. The demystification of this information will be enormously relevant because it actually shows whether the hydrogen generator saves fuel. The purpose of this analysis is to demystify the information about a possible saving in fuel consumption coupled with the presence of the hydrogen generator, coupled to the engine of an internal combustion vehicle. This purpose will be achieved through laboratory tests and bibliographical research, mainly composed of books, scientific articles, master's dissertations, doctoral theses. Continuing the project, laboratory tests will be performed simulating the amount of hydrogen that the hydrogen generator will produce in a given electric current and for a certain period of time. This simulation will allow

us to collect data to perform calculations and will allow a comparison with an internal combustion vehicle.

**KEYWORDS:** Hydrogen. Economy. Internal combustion. Hydrogen generator.

## 1 | INTRODUÇÃO

O gerador de hidrogênio que se acopla ao veículo automotor, a fim de se amenizar o consumo de combustível, baseia-se na quebra da molécula de água, gerando o hidrogênio. O gás gerado através do processo chamado eletrólise, é encaminhado ao sistema de admissão do veículo, onde em altas temperaturas, acelera a queima do combustível gerando então, a economia no processo.

Em diversas mídias sociais, podem-se observar algumas informações sobre a grande economia de combustível que os geradores de hidrogênio proporcionam, entretanto, na prática o resultado é completamente diferente. A falta de experiência aliada à falta de conhecimento induz as pessoas a acreditarem que o hidrogênio fornece uma economia expressiva de combustível, devido à aceleração da queima do mesmo.

Mediante aos fatos, o objetivo geral deste projeto será apresentar uma análise, através de testes laboratoriais e material teórico, sobre o consumo de combustível, aliada à presença do gerador de hidrogênio acoplado ao motor de um veículo automotivo de combustão interna e verificar a ocorrência de uma possível economia no consumo do mesmo.

Outros objetivos deste trabalho serão apresentar um estudo sobre o elemento químico hidrogênio, principal comburente deste processo, bem como o motor de combustão interna, onde será analisado todo o processo de queima. Será necessário ainda, um estudo sobre o gerador de hidrogênio, bem como as suas vantagens e desvantagens ao veículo, a fim de se desmistificar as informações que circulam nas mídias sociais sobre a redução no consumo de combustível.

## 2 | HIDROGÊNIO

O hidrogênio quando encontrado em seu estado natural e sob condições ambientes de temperatura e pressão, possui características como sendo incolor, insípido e muito mais leve que o ar (SENRA; DE LIMA; DE ABREU, 2014).

O hidrogênio possui características que unidas ao motor de combustão interna, melhoram a eficiência mediante ao processo de combustão, tendo como base o elevado poder calorífico e a rápida combustão provocada pelo uso do mesmo (PEREIRA, 2017).

Atualmente, o hidrogênio é o nono elemento mais abundante no planeta e não é encontrado em sua forma pura, o mesmo pode ser considerado ainda um dos menores elementos, no entanto, essa característica não o faz ser menos perigoso que

as demais substâncias existentes em nosso meio. A grande dificuldade seria encontrar uma forma segura para seu armazenamento, tendo em vista que o mesmo no estado líquido possui um alto custo de armazenagem (ESTEVIÃO, 2008; LELUDAK e HAUS, 2013).

## 2.1 Hidrogênio como combustível

As características que o hidrogênio pode agregar ao motor de combustão interna são relacionadas à eficiência no processo. Seu objetivo principal é melhorar a eficiência no processo de combustão do veículo, isso se dá graças ao elevado poder calorífico e a rápida combustão provocada pelo uso do hidrogênio (PEREIRA, 2017).

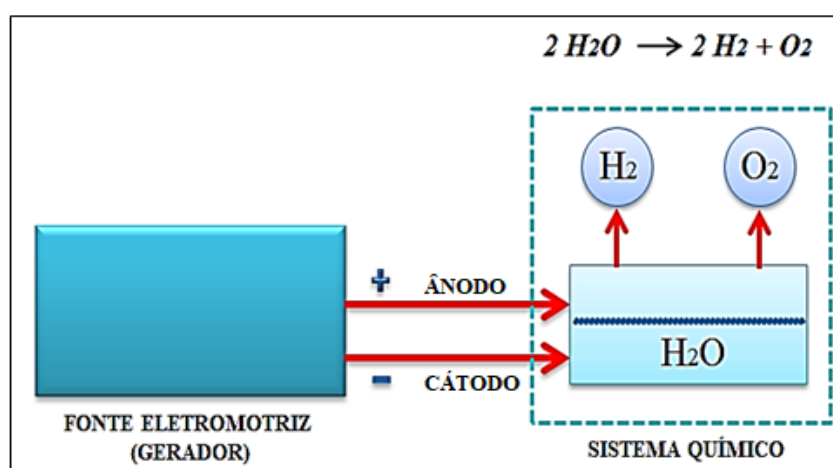
Alguns estudos mostram que o hidrogênio apresenta uma excelente adaptação nos motores de ignição por centelha, mais conhecido como motores de combustão interna, tendo como característica marcante a alta velocidade de rotação. Por possuir um baixo limite de ignição, a combustão do hidrogênio pode ser facilmente iniciada mesmo em misturas pobres (mais ar do que combustível), facilitando seu uso em motores de combustão interna operando no ciclo Otto (ESTEVIÃO, 2008)

Um dos processos onde se obtêm a separação do hidrogênio de outros elementos ou substâncias químicas é o processo de eletrólise. Esse assunto será abordado, a fim de se entender como esse processo pode ser importante na produção do hidrogênio para o veículo que se utiliza o gerador de hidrogênio.

## 2.2 Produção de hidrogênio por eletrólise

Para que possa ocorrer a produção de hidrogênio através do processo da eletrólise, deve-se dissolver um composto iônico em água, como por exemplo, o cloreto de sódio (sal), esse composto fará com que os íons estejam sempre livres no líquido. Como continuidade do processo aplica-se uma descarga elétrica na mistura de água, através de um par de eletrodos submersos no líquido. O cátodo é o eletrodo que possui carga negativa, e o ânodo é o eletrodo de carga positiva (DA ROSA, 2015).

Na figura 01, pode-se observar todo o processo da eletrólise descrito no capítulo, após o mesmo, o hidrogênio passa a ter dois átomos e o oxigênio um átomo.



Pode-se observar que a eletrólise é um processo indispensável para que haja a decomposição química da água e seus elementos constituintes. E dentro desse processo, existem algumas leis que determinam diversas relações entre a massa de uma determinada substância e carga elétrica, dentre elas, a lei de Faraday.

### 2.2.1 Lei de Faraday

A lei de Faraday foi criada pelo físico-químico Michael Faraday, o mesmo, definiu que a massa de uma determinada substância transformada através do processo da eletrolise, é diretamente proporcional à quantidade de carga elétrica do sistema. Isso significa que quanto maior for a intensidade da corrente elétrica dispensada na eletrólise, maior será a quantidade formada de massa do produto (SENRA; DE LIMA; DE ABREU, 2014).

De acordo com a lei citada acima, pode-se calcular informações como, a quantidade de carga elétrica gasta no processo, a quantidade de litros de hidrogênio gerado em todo sistema pelo gerador de hidrogênio.

$$Q = i * t \quad (1)$$

Onde:

Q: Carga elétrica (C);

i: Corrente elétrica (A);

t: Tempo da passagem da corrente elétrica em segundos (s);

Dando continuidade, através da carga elétrica encontrada na equação (1), pode-se determinar o volume inicial ( $V_0$ ) de hidrogênio produzido pelo gerador de hidrogênio. Deve-se levar em consideração a constante de Faraday (1F), que equivale a 96500 C e a constante de 22,4 que consiste no volume molar de um gás ideal nas CNTP (RUSSEL, 1994).

$$\begin{aligned} 2 * 96500 &\rightarrow 22,4 \\ Q &\rightarrow V_0 \end{aligned} \quad (2)$$

Onde:

96500: Constante de Faraday (1F);

22,4: Volume em litros que 1 mol de um determinado gás ocupa em condições normais de pressão e temperatura (L);

Q: Corrente elétrica (C);

$V_0$ : Volume inicial (L);

Obtendo o volume inicial de hidrogênio ( $V_0$ ) produzido através da regra de três acima, pode-se encontrar o volume final do hidrogênio através da fórmula de condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

$$\frac{P_0 * V_0}{T_0} = \frac{P_1 * V_1}{T_1} \quad (3)$$

Onde:

$P_0$ : Pressão inicial (mmHg)

$P_1$ : Pressão final (mmHg)

$V_0$ : Volume inicial (L)

$V_1$ : Volume final (L)

$T_0$ : Temperatura inicial (K)

$T_1$ : Temperatura final (K)

### 3 | MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Os motores que possuem o processo de combustão interna produzem trabalho através da queima de combustível, o seu princípio básico de funcionamento tende a aproveitar, ao máximo, o aumento de pressão causado pela reação de combustão entre o ar e o combustível, a fim de se gerar movimento de rotação no motor de um veículo automotivo (MACHADO, 2014).

A figura a seguir, demonstra a estrutura de um motor de combustão interna de quatro tempos, identificando as peças que o compõe, e também o processo detalhadamente que ocorre durante o regime da combustão.

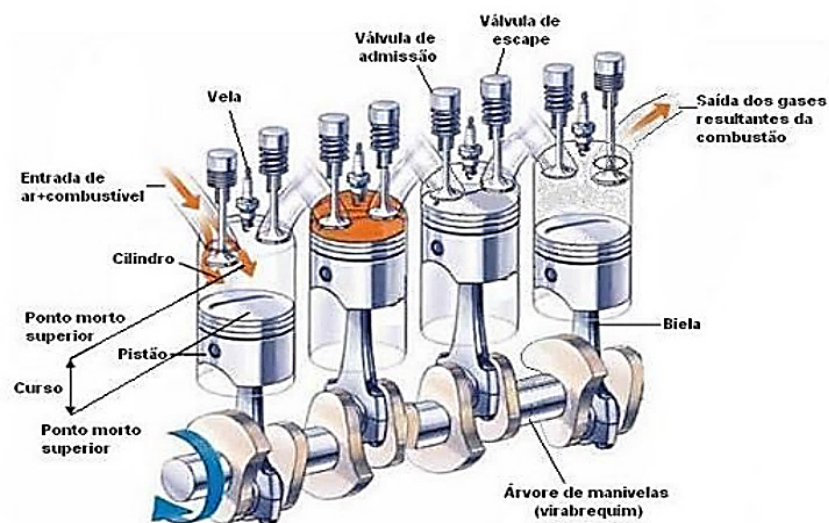


Figura 2 - Estrutura de um motor de combustão interna de 4 tempos.

Fonte: (WOLLMANN, 2013).

### 3.1 Ciclo Otto

Os motores de combustão interna cujo processo se caracteriza como ciclo Otto, utiliza a mistura de ar e combustível que vem diretamente do carburador, em proporções específicas. Esse tipo de mistura é aspirado para a câmara de combustão, onde a partir de uma centelha produzida por uma vela de ignição, causa o processo de combustão (SENRA; DE LIMA; DE ABREU, 2014).

Os motores de combustão interna que possuem como modelo de funcionamento o Ciclo Otto, podem apresentar quatro tempos, que são divididos em: admissão, compressão, expansão e escape (MACHADO, 2014).

“Nos motores de quatro tempos, o ciclo de trabalho corresponde as duas voltas da árvore de manivelas. Na medida em que a árvore de manivelas ou virabrequim realiza o movimento rotativo, os pistões se movem dentro dos cilindros” (MILHOR, 2002, p. 04).

A seguir, será apresentado o funcionamento detalhado dos quatro ciclos termodinâmicos de trabalho no motor de combustão interna, juntamente com o diagrama de Pressão x Volume.

#### 3.1.1 Primeiro Tempo - Admissão da mistura

Nesse primeiro ciclo haverá a abertura das válvulas de admissão, possibilitando a entrada de ar para o cilindro, a pressão ficará constante e o volume sofrerá variação (A → B) (WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

#### 3.1.2 Segundo Tempo - Compressão da mistura

Nessa fase, todo o trabalho envolvido no pistão é convertido em energia, esse processo ocorre em temperaturas elevadas que se dá por meio da combustão. O volume diminui à medida que a pressão e a temperatura aumentam. (B → C) (WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

#### 3.1.3 Terceiro Tempo - Expansão da mistura

Nessa fase ocorrerá a explosão, sem variação de volume. Ocorrerá ainda, um aumento de pressão e temperatura, (C → D). Num segundo momento, (D → E), os pistões se movimentarão com enorme rapidez (WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

#### 3.1.4 Quarto Tempo - Escape dos gases

No processo, ocorrerá à abertura da válvula do motor (E → B), haverá variação de pressão, e volume constante. A exaustão gerada no processo (B → A), a massa e o volume desses gases sofrerão variações constantes, considerado como isobárico



(WOLLMANN, 2013; DA SILVA, 2017).

### 3.2 Eficiência nos motores de combustão interna

A eficiência ou capacidade de um motor é representada pela potência, no qual determina a quantidade de trabalho que o mesmo pode realizar por unidade de tempo. O rendimento nos motores é representado pela relação entre a potência produzida e a potência calorífica fornecida pelo combustível utilizado (DA ROSA, 2015).

A seguir, pode-se verificar a equação que da origem ao rendimento ou eficiência dos motores de combustão interna.

$$\eta = \frac{[(P * 1000)]}{Mc * Hc} = \frac{W}{Q} \quad (4)$$

Onde:

$\eta$ : Rendimento do processo (%)

P: Potência gerada (W)

Mc: Vazão mássica do combustível (kg.s<sup>-1</sup>)

Hc: Poder calorífico inferior do combustível (kJ.kg)

W: Trabalho (J)

Q: Calor (J)

### 3.3 Relação Estequiométrica – Ar X Combustível

“A ótima razão ar combustível para determinada carga e rotação de um motor, consiste naquela em que se consegue o torque desejado, com o menor consumo de combustível consistente com a operação normal e confiável.” (CÂMARA, 2006, p.26). De acordo com Andrade (2007, p. 42), para se determinar qual é a condição de mistura na câmara de combustão tem-se, que relacionar a taxa de massa de ar admitido com a taxa de massa de combustível que entra no motor.

Para o conhecimento da razão entre o ar e o combustível num motor de combustão interna no ciclo Otto, o fator lambda ( $\lambda$ ) se torna um elemento extremamente utilizado para avaliar as formas de operação que possam melhorar o desempenho desse motor. Como consequência, acarretará numa redução nas emissões de poluentes, tendo em vista que, os gases são liberados através da queima destes elementos (SCHIRMER; OLANYK; RIBEIRO, 2017).

## 4 | GERADOR DE HIDROGÊNIO (HHO)

O gerador de hidrogênio pode ser conhecido também como célula eletrolítica a seco ou *dry cell*. O seu funcionamento baseia-se em placas de material inox, onde são alimentadas por uma tensão que provém de uma fonte ou bateria. A mistura que circula através dos furos da placa, é composta de uma mistura de água e hidróxido

de potássio. As placas possuem vedação entre elas para que não ocorram possíveis vazamentos, além disso, esse procedimento se faz necessário pelo fato de se obter uma isolamento quanto à polaridade de tensão proveniente das baterias (FIGUEIREDO, 2018).

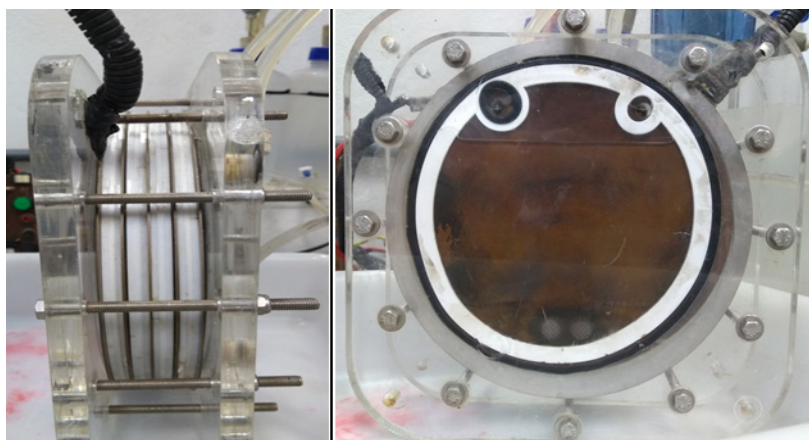


Figura 3 - Gerador de hidrogênio utilizado nos testes laboratoriais.

Fonte: O autor (2018).

#### 4.1 Desempenho de um gerador de hidrogênio

De acordo com Zirr (2017, p. 21) “a implantação das células a combustível a hidrogênio em uma escala significativa requer grandes avanços na produção, armazenamento e utilização de hidrogênio”.

“O objetivo principal de um gerador de hidrogênio é produzir de modo mais eficiente a quantidade de gás HHO desejada utilizando a menor quantidade de eletricidade possível.” (BARRETIRI e HAUS, 2013, p. 366).

#### 4.2 Aplicação do hidrogênio em motores de combustão interna

Para que o hidrogênio possa ser utilizado em motores de combustão interna no ciclo Otto, faz-se necessário que o mesmo seja introduzido ao motor no momento em que ocorra a combustão no interior de cilindro. Existem três formas distintas para que o hidrogênio seja adicionado ao motor, o mesmo pode ser inserido por injeção contínua e controlada, ambas pelo coletor de ar de admissão do motor, e a última seria através da injeção direta do gás na câmara de combustão, na qual, em comparação com as demais, apresenta os melhores resultados (PEREIRA, 2017).

#### 4.3 Funcionamento do gerador de hidrogênio no motor

Para que ocorra o funcionamento do gerador de hidrogênio no motor, faz-se necessário a geração do hidrogênio e o oxigênio através da eletrolise. As correntes elétricas necessárias para que o processo ocorra, são advindas da eletricidade fornecida pela bateria e o circuito de carga do motor, sendo que a bateria é alimentada ou carregada pelo alternador que está presente no motor do veículo, o mesmo é acionado

através da rotação exercida pelo motor do carro. Tendo o hidrogênio como gás através do processo da eletrolise, o mesmo é encaminhado para o sistema de admissão do veículo em temperatura elevada, onde é queimado com os demais elementos. Por fim, depois de passar pelos processos internos do motor, esses gases são liberados através do escape (SILVA, 2016).

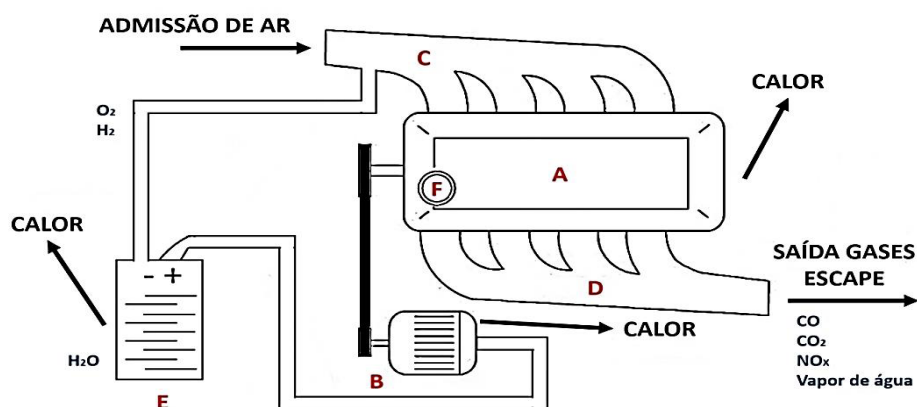


Figura 4 – Processo do funcionamento do gerador de hidrogênio no motor de um veículo.

Fonte: Adaptado de (SILVA, 2016). Legenda: a) Motor; b) Alternador; c) Admissão; d) Escape; e) Produção HHO.

#### 4.4 Células de hidrogênio ou eletrolítica

De acordo com as informações mencionadas no decorrer deste capítulo, pode-se concluir que existem diferenças entre o gerador de hidrogênio e a célula de hidrogênio. A principal diferença entre os dois dispositivos se dá pelo fato do gerador de hidrogênio utilizar a eletricidade que provem do alternador do veículo, para realizar a quebra da molécula de água em hidrogênio e oxigênio através do processo da eletrólise. A célula de hidrogênio realiza o processo ao contrário, a mesma necessita do hidrogênio para produzir a própria eletricidade (FIGUEIREDO, 2018; ZIRR, 2017).

### 5 | METODOLOGIA

Nesse capítulo, serão informados quais métodos foram utilizados para a realização das pesquisas e testes laboratoriais, bem como o desenvolvimento do trabalho.

#### 5.1 Testes laboratoriais

Conforme proposto, foram realizados testes em laboratório simulando através de um gerador de hidrogênio, a quantidade de hidrogênio que o mesmo produziria numa determinada corrente elétrica e num período de tempo estipulado para o gás preencher um balão com capacidade de 2 litros. O experimento serviu como base para coletar dados que serão aplicados em fórmulas, a fim de se comprovar que o uso do

hidrogênio em motores de combustão interna não será viável.

### 5.1.1 Equipamentos utilizados nos testes

Para a realização dos testes no laboratório, foram utilizados equipamentos essenciais para que os resultados obtidos fossem o mais preciso possível. Para o experimento foi utilizado uma fonte, onde a mesma regulava a carga e a corrente elétrica para a execução de todo o processo. Sabe-se que o alternador, fornece em torno de 70 ampères para o sistema elétrico do veículo, entretanto, a corrente elétrica predefinida para a realização dos testes, variou em torno de 25 amperes, tendo em vista que existem outros equipamentos a serem alimentados pelo alternador.

Outro equipamento utilizado nos testes foi o gerador de hidrogênio, principal instrumento para a realização dos testes. Outro acessório muito importante são as mangueiras, cuja função era transportar os gases que circulavam durante o experimento. Por fim, foi utilizado um balão volumétrico, esse elemento era o responsável por armazenar os gases provenientes do processo de eletrólise.

## 6 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os resultados dos testes realizados em laboratório, sobre a quantidade de hidrogênio produzida numa determinada corrente elétrica através do gerador de hidrogênio. Será apresentada a quantidade teórica de hidrogênio em litros, obtida através de cálculos, bem como a quantidade obtida nos testes laboratoriais.

### 6.1 Dados coletados nos ensaios laboratoriais

Para a realização dos testes, foram considerados alguns fatores para a coleta dos dados. A contagem do tempo foi definida de acordo com a capacidade que um balão volumétrico de 2 litros, fosse totalmente ocupado pelos gases provenientes do processo de eletrólise. Os valores da pressão atmosférica e temperatura foram considerados de acordo com a localização da cidade de Varginha – MG.

1° Ensaio			
Tempo (s)	Corrente elétrica (A)	Pressão atmosférica (mmHg)	Temperatura (°C)
124	24	700	25
2° Ensaio			
Tempo (s)	Corrente elétrica (A)	Pressão atmosférica (mmHg)	Temperatura (°C)
130	23	700	25

Quadro 01 – Dados coletados dos ensaios em laboratório.

Fonte: O autor (2018).

Para a realização dos cálculos foram realizados a média da corrente elétrica e o tempo gasto no experimento.

## 6.2 Cálculo volumétrico do hidrogênio

Para a realização do cálculo volumétrico do hidrogênio, foram considerados os dados representados no quadro 03.

Para começo dos cálculos será necessário encontrar a corrente elétrica, de acordo com a equação (1) presente na seção 2.2.1.

$$Q = i * t \quad (5)$$

Substituindo pelos dados coletados, pode-se encontrar a carga elétrica utilizada nos testes.

$$Q = 23,5 * 127 = 2984,5 C$$

Possuindo o valor da carga elétrica (Q), pode-se encontrar o volume inicial de hidrogênio produzido pelo gerador. Este valor pode ser calculado através de uma regra de três, dada pela equação (2) na seção 2.2.1.

$$\begin{array}{l} 2 * 96500 \rightarrow 22,4 \\ Q \rightarrow V_0 \end{array} \quad (6)$$

Substituindo pelos dados, pode-se encontrar o volume inicial de hidrogênio produzido pelo gerador de hidrogênio.

$$\begin{array}{l} 2 * 96500 \rightarrow 22,4 \\ 2984,5 \rightarrow V_0 \\ V_0 = 0,346 L \text{ ou } 346 mL \end{array}$$

Encontrando o volume inicial de hidrogênio ( $V_0$ ), pode-se encontrar o volume final, através da fórmula de condições normais de temperatura e pressão (CNTP), dada pela equação (3) na seção 2.2.1.

$$\frac{P_0 * V_0}{T_0} = \frac{P_1 * V_1}{T_1} \quad (7)$$

Substituindo pelos dados encontrados na equação anterior, tem-se:

$$\frac{760 * 0,346}{273} = \frac{700 * V1}{25 + 273}$$
$$V1 = 0,41 L \text{ ou } 410 mL$$

Tendo em vista que, o gerador de hidrogênio possui 4 membranas, o volume final deve ser multiplicado por 4. Uma observação importante a ser destacada, é o fato de o teste ter ocorrido com a presença de dois gases, o hidrogênio e o oxigênio. Por isso, deve-se subtrair 1/3 de oxigênio do volume final. Levando em consideração as informações acima, obtêm-se o volume final de hidrogênio.

$$V1 = 0,41 * 4 = 1,64 L \quad (8)$$

Subtraindo 1/3 de oxigênio do volume encontrado acima, obtêm-se o volume teórico final de hidrogênio produzido pelo gerador.

$$V1 = \frac{1,64}{1/3} = 1,09 L \quad (9)$$

Mediante aos cálculos realizados, o volume final de hidrogênio produzido pelo gerador de hidrogênio nas condições citadas anteriormente, é de 1,09 litros. Nos testes realizados em laboratório, o volume final de hidrogênio encontrado, foi de 1,33 litros, havendo uma diferença de 0,24 litros. Essa diferença se deve por algum fator externo, como temperatura ou pressão atmosférica.

### 6.3 Cálculo da massa de hidrogênio produzida nos testes

De acordo com os valores encontrados na seção 6.2 e levando-se em consideração que a massa de um mol de hidrogênio (H<sub>2</sub>) equivale a 2 gramas, pode-se encontrar a massa (m) do mesmo, produzida durante os testes laboratoriais, através de uma regra de três, tendo como informação preponderante que 22,4 é o volume em litros de 1 mol de qualquer gás nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

$$2 \rightarrow 22,4$$
$$m \rightarrow 1,09$$
$$m = 97,32 mg \quad (10)$$

De acordo com a equação 10, pode-se observar que a massa de hidrogênio produzida no processo é de 97,32 mg.

#### 6.4 Cálculo de potência no processo

Considerando alguns dados preliminares, pode-se calcular a quantidade de potência que o gerador de hidrogênio absorve de um veículo automotivo. Para base de cálculos é necessário considerar que o sistema de alimentação de um veículo varia em torno de 13,8 a 14,5 volts, de acordo com o manual de baterias da BOSCH. Para a realização do cálculo, se faz necessário a utilização da equação abaixo:

$$P = U * i \quad (11)$$

Onde:

P: Potência (W);

U: Tensão (V);

i: Corrente elétrica (A).

Substituindo na equação acima, temos que:

$$P = 14 * 23,5 = 329 W$$

De acordo com a potência encontrada acima, pode-se concluir que o gerador de hidrogênio absorve 329 Watts de potência do veículo e devolve cerca de 1,09 litros ou 97,32 mg de hidrogênio, valor extremamente baixo.

Considerando que um veículo possui 80 cv de potência e aplicando o resultado da potência encontrada na equação anterior, pode-se encontrar o percentual de potência que o gerador devolve ao motor.

$$\begin{aligned} 58840 &\rightarrow 100 \\ 329 &\rightarrow X \\ X &= 0,56 \% \end{aligned} \quad (12)$$

De acordo com o percentual encontrado na equação acima, pode-se constatar que esse resultado é considerado extremamente baixo para meios viáveis de potência. Resumindo, o gerador de hidrogênio absorve mais energia do motor e devolve uma quantidade extremamente baixa para o mesmo.

Para finalizar este capítulo será apresentado um quadro, contendo algumas vantagens e desvantagens do gerador de hidrogênio num veículo possuindo um

motor de combustão interna. Essas informações foram possíveis, mediante aos testes realizados em laboratório, bem como os materiais que contemplam esse trabalho.

## 6.5 Vantagens e desvantagens do uso do gerador de hidrogênio em motores de combustão interna

O quadro 02 exibido a seguir, apresentará algumas vantagens e desvantagens do uso do gerador de hidrogênio em veículos automotivos que possuem motores de combustão interna.

Vantagens	Desvantagens
O fato de se usar hidrogênio e oxigênio, ocasionará uma redução dos gases poluentes, nomeadamente CO (Monóxido de carbono), CO <sub>2</sub> (Dióxido de carbono) e NO <sub>x</sub> (Óxido de nitrogênio).	O uso indevido deste elemento no veículo, poderá ocasionar possíveis explosões, já que o hidrogênio na forma gasosa é inflamável.
	Na instalação do sistema HHO ao veículo, será necessário à produção de mais energia elétrica ao alternador, que é movido pelo motor, que consumirá mais combustível para produzir essa energia.
	Devido à ação da corrente elétrica na água, pode-se ocorrer outro efeito além da eletrolise, a ebulição. Esse efeito provocará a entrada de vapor d'água na admissão, possibilitando alguns problemas adversos na eficiência do sistema.
A utilização deste sistema possibilita a "limpeza" dos motores, pois evitará a deposição de resíduos de carvão nas cabeças do motor, válvulas, coletores e até sistema de escape.	O sistema é limitado pela quantidade de energia elétrica disponível no veículo. Se esta energia estivesse disponível, seria necessário um gerador de hidrogênio com uma área relativamente maior, sendo necessário um espaço maior para seu armazenamento.
	De acordo com os cálculos apresentados no decorrer deste trabalho, é evidente que o volume de hidrogênio que o gerador produz não apresentará nenhuma economia de combustível ao veículo automotivo.
	Em rotações mais elevadas, os motores poderão apresentar falhas de ignição e há ciclos que não são completados, pois não há queima de combustível.

Quadro 02 – Vantagens e desvantagens do uso do gerador de hidrogênio em motores de combustão interna.

Fonte: (SILVA, 2016); O autor (2018).

De acordo com o quadro 04, são evidentes as percepções de que o número de desvantagens quando se utiliza hidrogênio através do gerador, num veículo com motor de combustão interna o faz completamente inviável.



## 7 | CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou analisar através de testes laboratoriais e material teórico, o uso do hidrogênio em motores de combustão interna, através do gerador de hidrogênio. Tal análise, se justifica pelo fato de verificar uma possível economia de combustível num veículo possuindo um motor de combustão interna. Essa análise possibilita desmistificar as informações que circulam nas mídias sociais, sobre o tema abordado no decorrer deste trabalho, se tornando um assunto de extrema relevância para a sociedade, como um todo.

Os resultados obtidos através dos testes realizados em laboratório e de acordo com os materiais teóricos provam que o hidrogênio se originando do gerador de hidrogênio, não se torna viável para um veículo automotivo de combustão interna. São inúmeras as desvantagens que o uso do mesmo, acarreta ao veículo, chegando-se a conclusão que não será viável nas condições propostas. A quantidade de hidrogênio que o gerador produz, não satisfaz as condições para que haja uma possível economia de combustível, satisfazendo o objetivo principal do trabalho, em desmistificar as informações que circulam nas redes.

Uma hipótese para continuar os estudos e pesquisas futuramente, seria analisar o uso do hidrogênio nos motores de combustão interna, sem a presença do gerador, estando o mesmo, armazenado e em um local adequado dentro do veículo, como no caso de veículos que utilizam o gás natural como combustível.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Giovanni Souza de. **Avaliação experimental da duração de combustão para diferentes combustíveis, em um motor padrão Ciclo Otto ASTM-CFR**. 2007, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BARBOSA, Caio Henrique; TAMBOR, José Humberto Machado. Redução de consumo de combustível convencional pela adição de gás hidrogênio. **Caleidoscópio**, v. 1, n. 8, 2016.

BARRETIRI, Thiago Renato; HAUS, Tiago Luis. Análise da viabilidade da utilização de hidrogênio em motores a combustão interna. **Caderno PAIC**, v. 14, n. 1, p. 363-381, 2013.

CÂMARA, Júlio César Chaves. **Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo Otto**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador.

DA ROSA, Daniel Argenta. **Análise teórica e experimental do desempenho de um motor ciclo Otto alimentado a GNV e testes com hidrogênio como combustível auxiliar**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade De Tecnologia – FTEC, Caxias do Sul.

DA SILVA, Thiago Rodrigo Vieira. **Estudo de estratégias de controle dos processos internos de um motor de combustão interna de injeção direta de etanol turbo-alimentado para maximização da eficiência global**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DA SILVA, Givanildo Santos et al. Automóveis movidos a base de água, através da célula produtora

de combustível hidrogênio. **UNIT**, Alagoas, v. 3, n. 3, p. 65, 2017a.

DA SILVA, Heverton Antônio; DA SILVA, Mikele Santos. Gerador de Hidrogênio. In: Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, gás Natural e Biocombustíveis, 2., 2016. Natal. *Anais...*

DO NASCIMENTO, Joel Henrique Silva. **Estudo dos processos físicos envolvidos nos motores que utilizam como combustível álcool e gasolina (ciclo Otto)**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Católica de Brasília, Brasília.

ESTÊVÃO, Tânia Esmeralda Rodrigues. **O Hidrogênio como combustível**. 2008. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

FIGUEIREDO, Robson Lage. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento aplicado a um moto gerador a diesel com injeção de gás de eletrólise visando redução de consumo de combustível**. 2018. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

LELUDAK, Frederico Thomas; HAUS, Tiago Luis. Célula de hidrogênio: estudo e construção de uma célula eletrolítica para produção de hidrogênio gasoso. **Caderno PAIC**, v. 14, n. 1, p. 383-397, 2013.

MACHADO, Deisi Oliveira. **Análise de desempenho de um motor ciclo Otto com biogás**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

MANUAL DE BATERIAS BOSCH. Disponível em: < [http://br.bosch-automotive.com/media/parts/download\\_2/baterias/Manual\\_de\\_Baterias\\_Bosch\\_6\\_008\\_FP1728\\_04\\_2007.pdf](http://br.bosch-automotive.com/media/parts/download_2/baterias/Manual_de_Baterias_Bosch_6_008_FP1728_04_2007.pdf)>. Acesso em 02 out. 2018.

MEDEIROS, E. F. **Hidrogênio energético no Brasil: subsídios para políticas de competitividade 2010-2025**. Centro de Gestão e Estudos Energéticos (CGEE), Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, CGEE: Brasília, 2010.

MILHOR, Carlos Eduardo. **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna ciclo Otto**. 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEREIRA, Ricardo da Silva et al. **Metodologia para redução do consumo de óleo diesel em sistemas de geração termoelétrica usando misturas de óleo vegetal com adição de gás hidrogênio**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém.

SCHIRMER, Waldir Nagel; OLANYK, Luciano Zart; RIBEIRO, Camilo Bastos. Avaliação do desempenho de um “small non-road engine” operando com misturas gasolina e etanol. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, p. 789-808, 2017.

SENRA, Fernando Osório; DE LIMA, Kelly Aparecida Moreira; DE ABREU, Rodrigo Araújo. **Estudo da aplicação de hidrogênio e gasolina em motor ciclo Otto**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Francisco, Itatiba.

SILVA, Antônio Pedro Meixedo Santos. **Estudo da influência de um sistema HHO no desempenho de um motor de combustão interna**. 2016. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.

SILVA, Rita Andrade da. **Análise teórica e experimental de um motor monocilíndrico ciclo otto**. 2016a. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

WOLLMANN, Fábio Leandro. **Estudo da utilização de gás hidrogênio em veículos automotores**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Pinambi.

ZIRR, Leandro de Medeiros. **Consumo de motor a diesel associado com o gerador de hidrogênio.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-429-0

