



# **Motor V8 com Pistões Eletromagnéticos como alternativa para veículos automotores**

**Gabriel Gonçalves Pessoa de Castro (Mestre)**

**[gabriel.pessoa@aedb.br](mailto:gabriel.pessoa@aedb.br)**

**AEDB**

**Douglas Nunes dos Santos**

**[douglasnunes\\_2@hotmail.com](mailto:douglasnunes_2@hotmail.com)**

**AEDB**

**Karine Dutra Zamluti Soares**

**[karinezamluti@hotmail.com](mailto:karinezamluti@hotmail.com)**

**AEDB**

**Larissa Pimenta**

**[larissaropimenta@gmail.com](mailto:larissaropimenta@gmail.com)**

**AEDB**

**Thalles Lacerda Lage De Freitas**

**[thalles.freitas@aedb.br](mailto:thalles.freitas@aedb.br)**

**AEDB**

**Resumo:** O plano para proibir carros movidos a combustíveis fósseis corresponde a uma meta no cenário mundial. Países como Alemanha, França, Reino Unido e EUA manifestaram a intenção da comercialização de veículos puramente elétricos a partir de 2025. Modelos híbridos como o Toyota Prius e veículos Tesla, já fazem parte do cotidiano desses países há quase uma década, inclusive no Brasil. O artigo proposto corresponde a demonstração, desenvolvimento de uma alternativa para veículos automotores com a apresentação de um motor V8 com pistões eletromagnéticos (protótipo) com a finalidade de trazer os conceitos de sustentabilidade e economicidade dos modelos à combustão interna para o mercado de veículos elétricos, bem como na ampliação dos horizontes de conhecimento relativo à Indústria 4.0, fonte de energia limpa e ao alinhamento globalizado no foco em veículos elétricos automotores.

**Palavras Chave:** Veículo Elétrico - Eletromagnéticos - Indústria 4.0 - Sustentabilidade - Motor V8

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de carros movidos a energia elétrica acelera pelo mundo, já provoca mudanças na indústria automobilística e promete transformações na mobilidade urbana. A frota global de automóveis elétricos e híbridos, denominação dada aos modelos que utilizam um motor elétrico em conjunto com um de combustão interna, superou 2 milhões de unidades em 2016, um aumento de 60% em relação ao ano anterior. China, Japão, Estados Unidos e Europa são os principais mercados e concentram os maiores fabricantes. O estoque de automóveis elétricos no mundo poderá chegar a 70 milhões de unidades em 2025, de acordo com o relatório Global EV Outlook 2017, da Agência Internacional de Energia (AIE) (VASCONCELOS, 2017).

A tendência dos carros elétricos é uma realidade inexorável. A tecnologia e os avanços da Indústria 4.0 tem proporcionado às grandes corporações a oportunidade de transformar o sonho da ficção científica em uma realidade altamente tangível. Segundo Tony Seba (2017), todo o transporte terrestre passará a se basear na energia elétrica e o ritmo da inovação nesta área só tende a acelerar.

Os motores elétricos como alternativa para a redução das emissões por carros dependem de como a energia é feita. Um país como a França, o investimento em elétricos, a balança se torna positiva, pois lá a base energética do país é nuclear, que não polui o ar. Porém, se a mesma decisão for tomada pela China, o mundo teria um problema, pois praticamente toda energia consumida no país asiático é termoelétrica, vinda de usinas que usam carvão – nocivo para as vias aéreas da população. (WARNECKE, 2016).

No Brasil o projeto o Projeto de Lei do Senado 304/2017 veda, a partir de 2030, a comercialização, e, a partir de 2040, a circulação de veículos novos que utilizem motor a combustão, a não ser que utilizem exclusivamente biocombustíveis como etanol. O projeto permite ainda a venda de veículos movidos à eletricidade.

Alinhando-se à situação atual da balança energética brasileira este artigo descreve a apresentação simples de um protótipo de pequenas dimensões de um motor elétrico de oito pistões que funcionam por indução magnética. O projeto apresenta uma solução de baixo custo, envolvendo a construção de componentes que necessitam certo grau de conhecimento técnico de usinagem e conformação metálica, e envolve conceitos relativamente simples de eletromagnetismo e mecânica.

Analizamos diversos artigos tecnológicos publicados sobre o assunto. O modelo de procedimentos metodológicos foi baseado em projetos já elaborados, cujo domínio é público e disponível na internet. Como o objetivo é em artigo é descrever uma solução de protótipo de pequenas dimensões de um motor V8 Eletromagnético, apresentaremos a concepção e demonstração das peças.

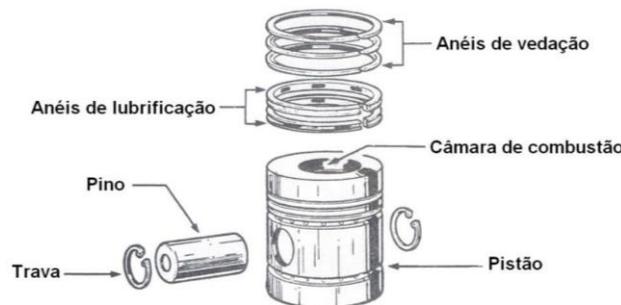
## 2. MOTOR V8 ELETROMAGNÉTICO

Nesta seção será apresentada uma fundamentação teórica alusiva aos conceitos básicos de eletricidade e mecânica no que tange à aplicação aos objetos do artigo com intuito de nivelar o conhecimento dos leitores. O objetivo é identificar os componentes fixos e móveis que compõem os motores e suas funções, fazendo comparativo entre peças e elementos mecânicos de um motor à combustão interna (MCI) e às do motor V8 eletromagnético desenvolvido pela equipe, seguindo sempre nesta ordem.

## 2.1. PISTÃO (ÊMBOLO)

**MCI** - Pistão é a parte do motor que recebe o movimento de expansão dos gases. Geralmente possui formato cilíndrico e feito de ligas de alumínio. Em pistões comuns encontram-se dois tipos de anéis: anéis de vedação – localizados mais próximos da parte superior (cabeça) do pistão; anéis de lubrificação – localizados na parte inferior do pistão com a finalidade de lubrificar as paredes do cilindro. O pistão liga-se à biela através de um pino.

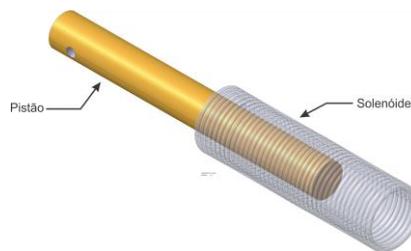
Num motor à combustão interna, o pistão move-se em um movimento alternativo retilíneo dentro da camisa do cilindro. Por definição pode-se dizer que um pistão é a parte de um mecanismo de bomba que se move impulsionada por uma explosão de fluido ou de combustível.



**Figura 1** - Vista explodida de pistão  
**Fonte:** Tiilmann, 2013

O êmbolo de um motor ligado à biela e necessita de uma faísca provocada por uma vela de ignição para ser executado. A combinação dos três elementos faísca, combustível e ar provoca uma explosão controlada empurrando a haste do êmbolo afastado, gerando assim um movimento. Este movimento será transmitido ao veio de manivelas.

**Eletromagnético** - No V8-T, as hastes das bielas são ligadas a um pistão. Estes pistões são atraídos pelo campo eletromagnético gerado nas bobinas conforme figura X. Os pistões são equivalentes ao osso fêmur da perna humana. Eles são responsáveis por exercer força e ainda permitir o movimento do restante do conjunto através do joelho.

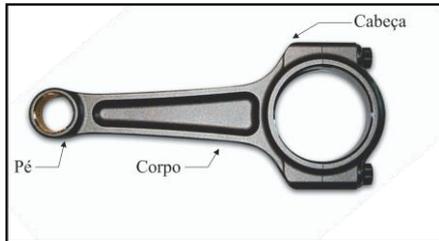


**Figura 2** – Pistão eletromagnético  
**Fonte:** autoral

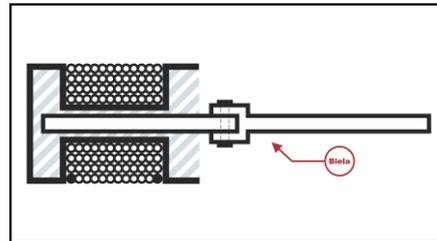
## 2.2. BIELAS

**MCI**- Bielas são consideradas o braço de ligação entre os pistões e o eixo de manivelas; recebem o impulso dos pistões, transmitindo-o ao eixo de manivelas ou virabrequim. É importante salientar que o conjunto biela-virabrequim transforma o movimento retilíneo dos pistões em movimento rotativo do virabrequim. Nos MCI a cabeça de biela gira no pino por intermédio de mancais de duas partes. Os metais utilizados dependem do gênero de motores, das cargas da biela e da velocidade de rotação (TILLMANN, 2013).

**Eletromagnéticas** – Para o V8 Eletromagnético, a função da biela não difere dos MCI. O diferencial está no acoplamento do pé ao virabrequim, no formato da cabeça e na junção ao corpo do pistão.



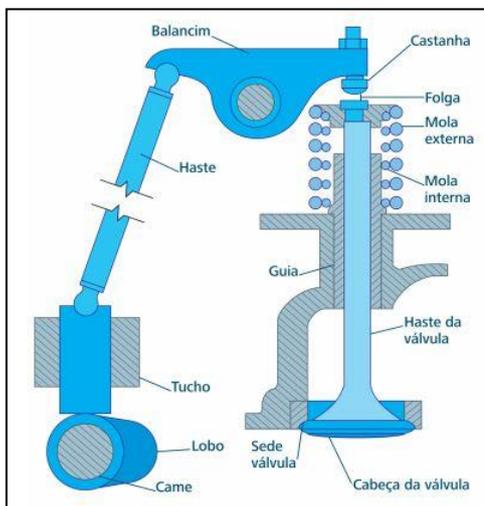
**Figura 3** – Biela MCI  
**Fonte:** Barros, 2011



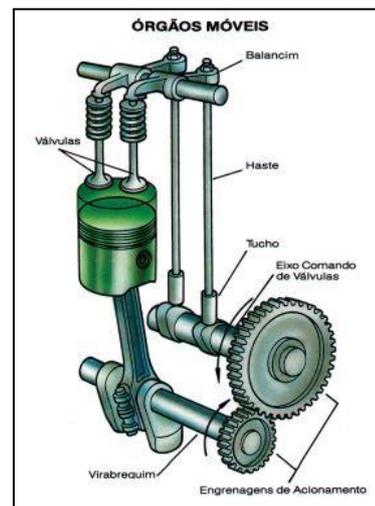
**Figura 4** – Biela Eletromagnética  
**Fonte:** autoral

### 2.3. VÁLVULAS

**MCI** – As válvulas são elementos metálicos responsáveis pela vedação da abertura de admissão do ar e pela vedação dos orifícios de saída dos gases da combustão. Existem dois tipos de válvulas: válvulas de admissão e válvulas de escape. A primeira abre-se para permitir a entrada da mistura combustível/ar (ou ar puro, conforme o caso) no interior dos cilindros. A outra, de escape, abre-se para dar saída aos gases queimados na combustão. Motores com válvulas suspensas possuem válvulas colocadas sobre os cilindros. Essa disposição permite uma forma mais racional da câmara de combustão, favorece a potência do motor e um rendimento térmico superior. A posição das válvulas suspensas determina melhor rendimento aos altos regimes e convém aos motores potentes de relação volumétrica elevada. (TILLMANN, 2013).



**Figura 5** – Posição da válvula e seus componentes  
**Fonte:** Mercedes Benz do Brasil, 2006



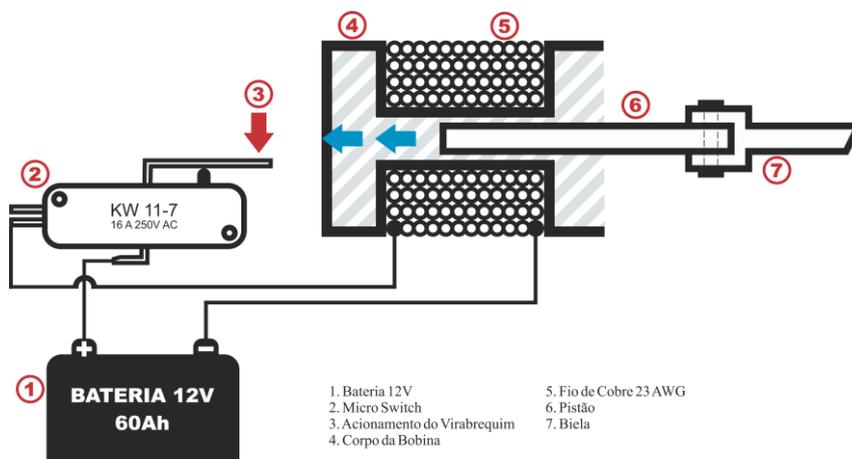
**Figura 6** – Eixos, tuchos e válvulas  
**Fonte:** Mahle, 2007

**Eletromagnético** – Para motores elétricos as válvulas são substituídas por sistema de controle eletrônico. Neste projeto, como o desenvolvimento é de simples execução, para controle de acionamento e desarme de corrente para as bobinas foram utilizadas chaves fim de curso. Estas chaves também recebem o título de Micro-switch.

## 2.4. MICRO-SWITCH

Sensores de fim de curso, ou do inglês microswitch, são dispositivos eletromecânicos que tem como função indicar que um motor ou a estrutura ligada ao seu eixo (um portão automático, por exemplo) chegaram ao fim do seu campo de movimento (ANDRADE, 2017).

No V8 Eletromagnético a função dos micros switches é substituir as válvulas dos motores convencionais. Apesar de obterem a mesma função de entrada e saída, a diferença está no tipo de energia que cada tipo libera. No caso das válvulas de entrada de motores à combustão interna, elas são as responsáveis pelo abastecimento e coordenação da inserção de mistura (combustível + ar). Para os micros switches, eles funcionam como uma chave ou sensor mecânico. Posicionados de maneira adequada no bloco do motor, sua haste ao ser acionada pelo virabrequim faz com que um pulso elétrico seja enviado para o circuito de bobinas.



**Figura 7** – Sistema de acionamento dos micros-switches

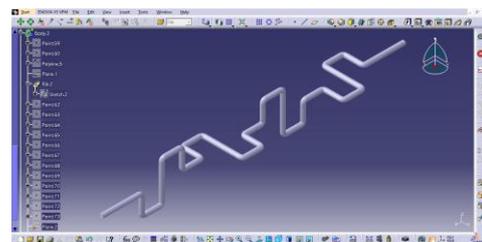
Fonte: autoral

## 2.5. VIRABREQUIM

Tanto para modelos MCI quanto para motores elétricos o conceito e o fundamento do virabrequim são os mesmos. O virabrequim é um elemento componente do sistema de força do motor, também conhecido por Eixo de Manivelas (EDM) ou Árvore de Manivelas (ADM). É considerado o eixo motor propriamente dito, o qual, na maioria das vezes, é instalado na parte inferior do bloco, recebendo ainda as bielas que lhe imprimem movimento. As cargas aparentes de um virabrequim resultam em tensões devido à flexão, torção e cisalhamento em todo seu comprimento. A geometria complexa envolvida tornaria impossíveis cálculos precisos de tensão, ainda que as cargas fossem conhecidas com precisão. A linha de eixo é o conjunto de munhões, pontos fixos de assentamento dos mancais de fixação no bloco, nos quais gira o virabrequim apoiado no bloco do motor (TILLMANN, 2013).



**Figura 8** – Virabrequim  
 Fonte: Molina peças, 2014



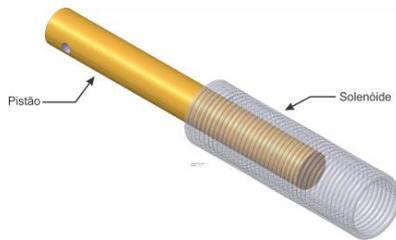
**Figura 9** – Virabrequim eletromagnético  
 Fonte: autoral

## 2.6. CILINDRO

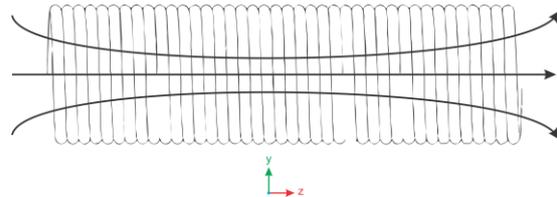
Os cilindros são, na prática, os principais definidores do que é um motor V8. Eles são as principais estruturas ao redor das quais as outras partes do motor são construídas. O cilindro é, praticamente, onde toda a ação surge. Eles são estruturas cilíndricas acopladas às bobinas. No V8-T, eles ficam em duas fileiras paralelas de quatro cilindros, em posição diagonal. Dentro dele contem todo campo magnético gerado pelo solenoide no instante que o virabrequim aciona a chave do micro switch. É a partir da força eletromagnética que o movimento dos pistões se inicia.

## 2.7. BOBINA (SOLENÓIDE)

**Eletromagnético** - Sabe-se que uma carga elétrica em movimento ou uma corrente elétrica produz um campo magnético em sua vizinhança. A direção deste campo é ao longo do eixo da bobina e seu sentido é dado pela “regra da mão direita” (Lei de Ampère). O campo magnético gerado no interior da bobina (solenóide), através do pulso de corrente de alta intensidade atrai qualquer objeto metálico no seu interior. No caso especial do V8, o objeto inserido é o pistão. Segundo Marder (1993) as correntes são induzidas pelo objeto (pistão), e devido ao efeito das forças de Lorentz ( $J \times B$ ), ocorre uma aceleração.



**Figura 10** – Pistão eletromagnético  
**Fonte:** autoral



**Figura 11** – Sentido do campo magnético na bobina  
**Fonte:** autoral

## 2.8. BATERIA

O grande pilar para o desenvolvimento de motores elétricos está na especificação técnica da fonte alimentadora. O fator de sucesso para estes projetos corresponde ao correto dimensionamento, composição, duração, peso e potência das baterias. Ao contrário do que a maioria das pessoas acredita, não houve muita inovação tecnológica voltada para o desenvolvimento mecânico dos carros elétricos. O diferencial dos carros do futuro está na tecnologia voltada para o armazenamento e tempo de carregamento das grandes baterias.

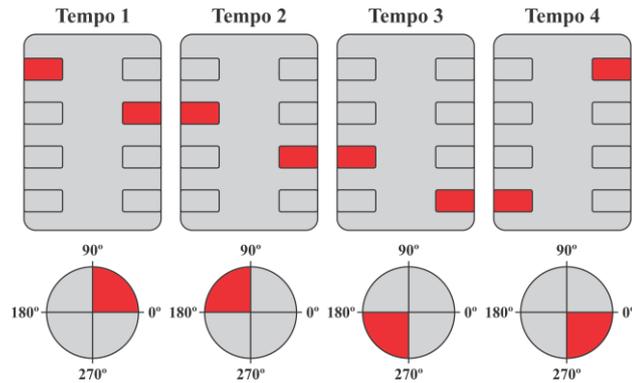
Sobre composição, Husain (2003), citado por Noce (2009), cita a bateria de chumbo ácido, inventada pelo francês Gastón Planté, em 1859, ser possuidora tecnologia mais madura, pois é produzida desde a segunda metade do século XIX, é também a mais produzida do mundo, totalizando mais de 100 milhões de baterias fabricadas anualmente. Mais de 60 milhões de automóveis produzidos anualmente no mundo é equipado com uma bateria de chumbo-ácido nova e que a vida útil de uma bateria deste tipo é de aproximadamente três anos.



**Figura 12** – Bateria 60Ah – 12 v recomendada para a solução  
**Fonte:** Zetta do Brasil, 2017

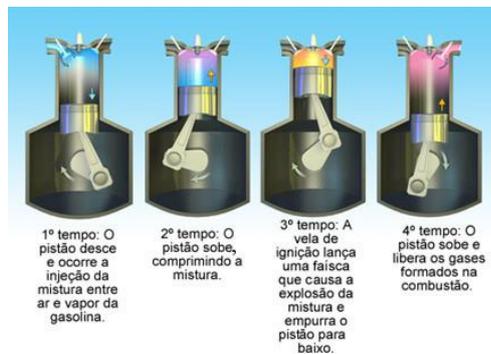
### 3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O V8 Eletromagnético foi desenvolvido com base numa repetição de quatro ciclos, ou quatro tempos. Em cada “tempo” dois pistões de lados opostos puxam o virabrequim ao mesmo tempo, fazendo-o girar de forma alternada. Na primeira etapa, um conjunto de dois pistões move-se para cima. Neste momento, as bielas puxam o virabrequim, tirando-o da inércia e executando movimento de 0° a 90°. Esta sequência se repete para os demais êmbolos (pistão + biela) de forma que o virabrequim gire os 360°.

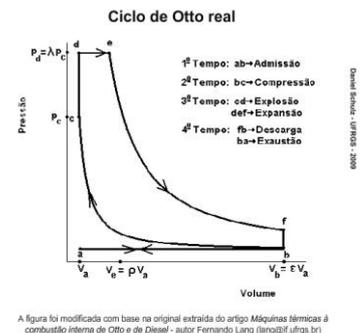


**Figura 13** – Esquema de funcionamento das bobinas  
 Fonte: autoral

O comportamento dos pistões eletromagnéticos assemelha-se aos motores à combustão interna (MCI) cuja disposição dos pistões no cilindro também esteja em V. A diferença é o combustível utilizado para o movimento do êmbolo e a nomenclatura dada para cada tempo dos MCI: admissão, compressão, combustão e escape, conforme figura 2.



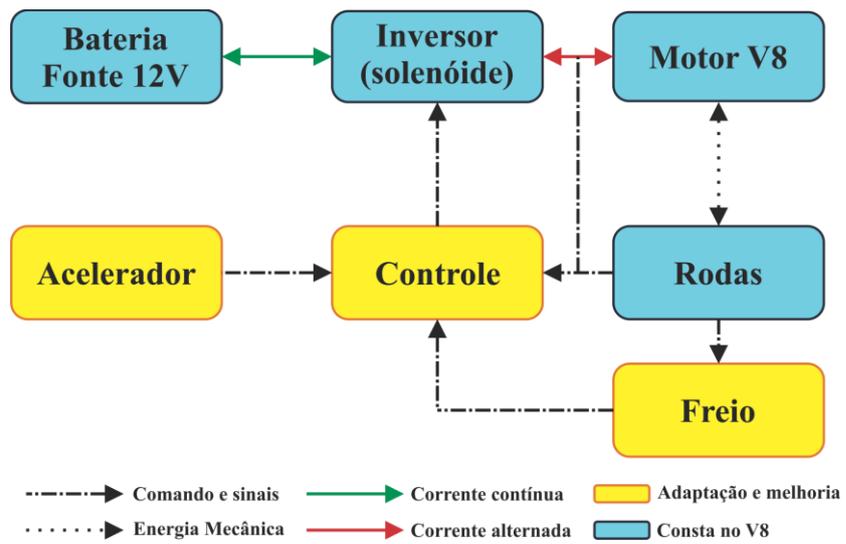
**Figura 14** – Funcionamento de um motor a explosão de quatro tempos  
 Fonte: Fogaça, 2018



**Figura 15** – ciclo termodinâmico  
 Fonte: adaptado Lang, 2015

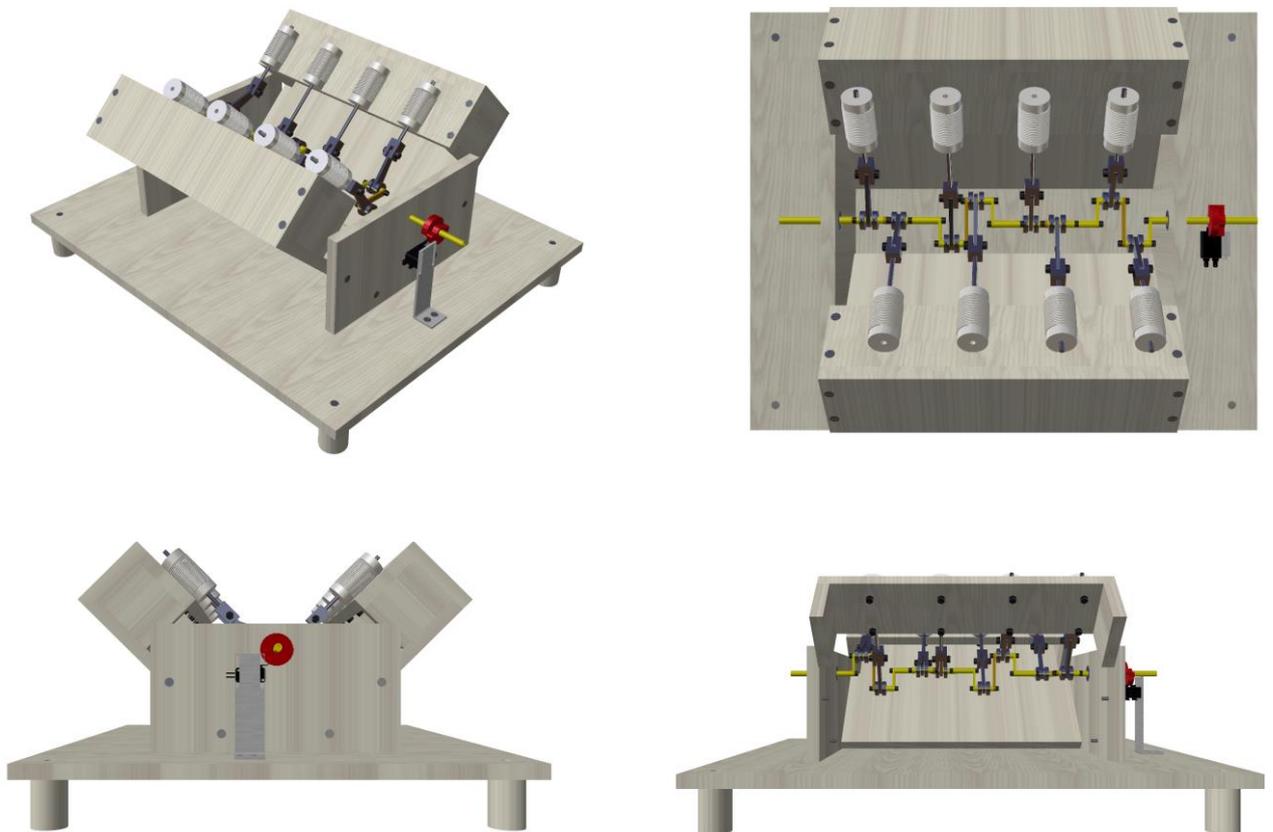
### 4. SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico adotado para o protótipo envolve componentes eletrônicos de simples utilização, de função *on/off*, e está mais bem detalhado no capítulo subsequente. Contudo, cabe ressaltar o modelo de controle eletrônico bastante utilizado em veículos elétricos que apresenta um diagrama de blocos, mostrado de modo simplificado na figura 3. Descrito por Barreto (1986) e citado por Noce (2009), um veículo elétrico CC/CA (corrente contínua da bateria e corrente alterada no motor), teria seu rendimento aumentado bem como a dirigibilidade do condutor.

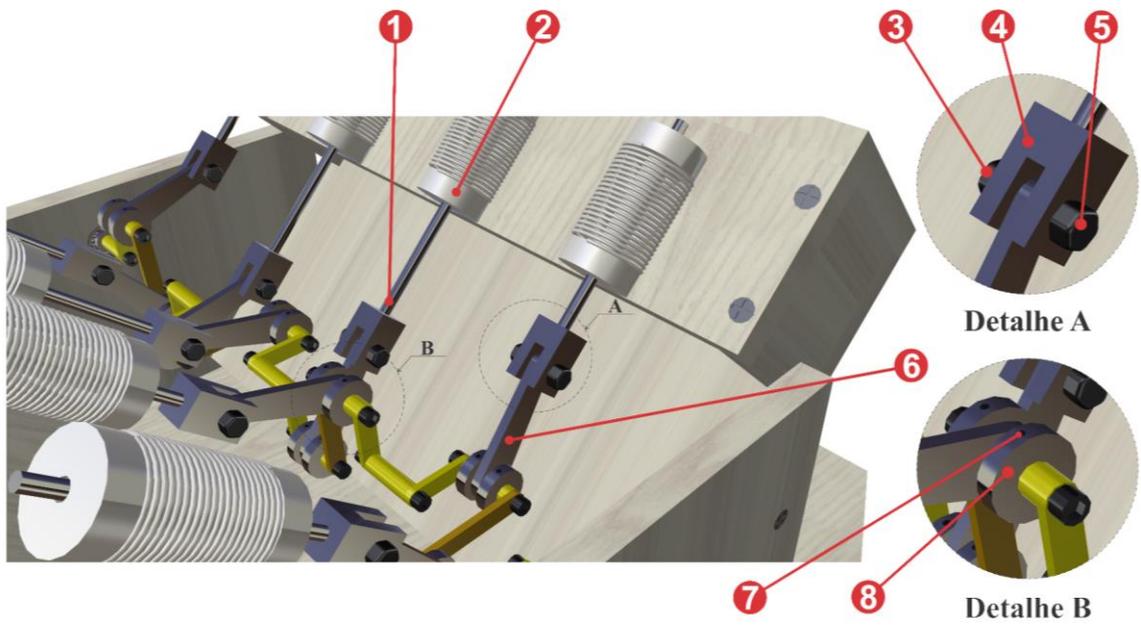


**Figura 16** – Diagrama de blocos de um veículo elétrico  
 Fonte: Adaptado Noce, 2009

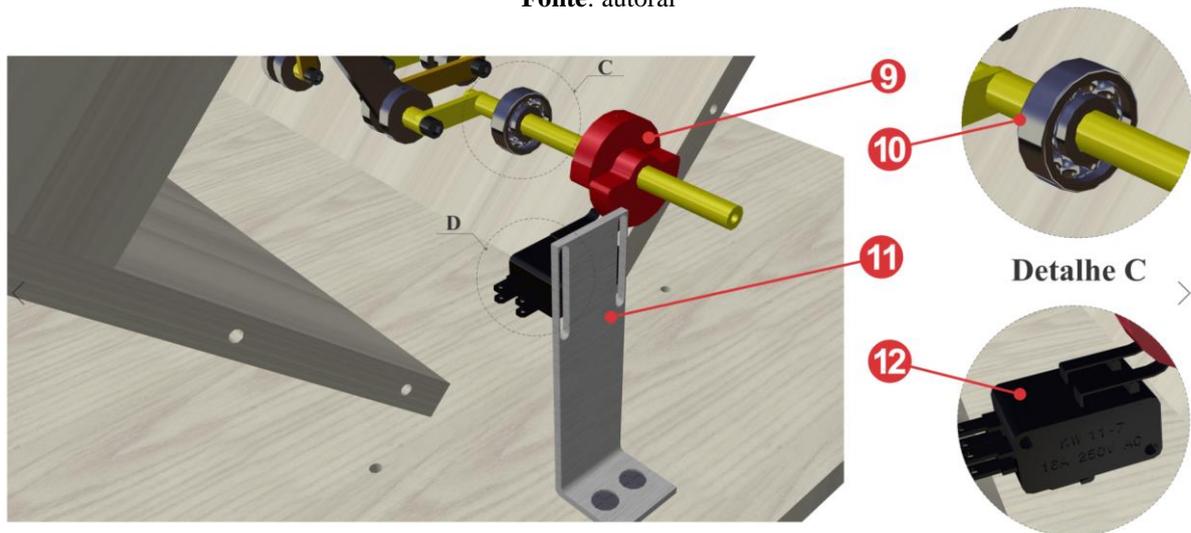
## 5. IDEALIZAÇÃO E PROJETO



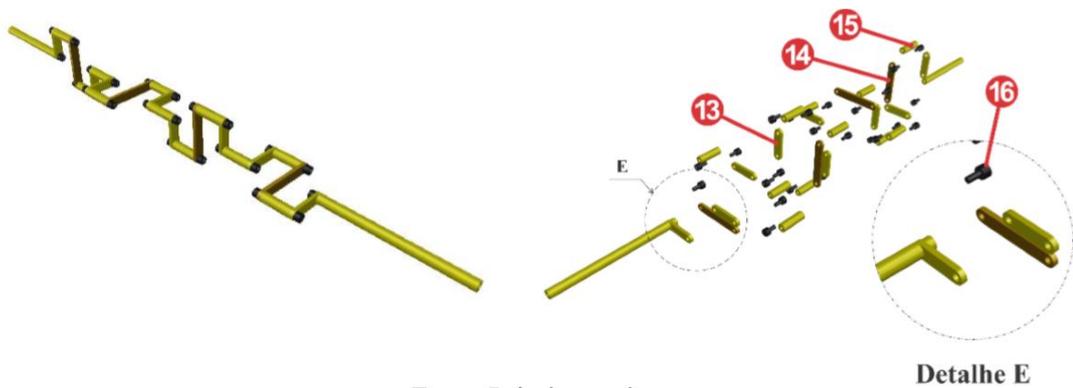
**Figura 17** – Vista isométrica, superior, frontal e lateral – V8  
 Fonte: autoral



**Figura 18** – Vista isométrica, superior, frontal e lateral – V8  
**Fonte:** autoral



**Figura 19** – Detalhamento do sistema de ignição – V8  
**Fonte:** autoral



**Figura 19** – Vista isométrica e explodida do virabrequim – V8  
**Fonte:** autoral

Ordem	Nomenclatura	Material	Qtd
1	Pistão	Aço 1020	8
2	Bobina solenoide	Náilon, fio cobre AWG23	8
3	Porca PM5	Aço 1045	16
4	Cabeça do pistão	Alumínio	8
5	Parafuso M5	Aço 1045	16
6	Biela	Alumínio	8
7	Parafuso M2	Aço 1045	2
8	Arruela de travamento da biela	Alumínio	16
9	Arruela interruptora	Cobre	2
10	Rolamento	Aço 1045	2
11	Suporte dos microswitch	Aço 1045	1
12	Interruptor dos microswitch	PVC	2
13	Chaveta média VB	Aço 1020	9
14	Chaveta grande VB	Aço 1020	4
15	Mini eixo VB	Aço 1020	11
16	Parafuso M3	Aço 1045	23

**Tabela 1.** Descrição das partes identificadas do projeto

**Fonte:** autoral

## 6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Durante a confecção das peças e no decorrer da montagem do motor, a equipe encontrou algumas oportunidades de melhoria. De início a estimativa do alcance da rotação era de 178 RPM (rotações por minuto) porém através do aumento do diâmetro externo da bobina e da substituição das quatro arruelas interruptoras de 90° por duas de 180°, o projeto atingiu as 500 RPM. Com estas mudanças houve tanto o aumento da autonomia do motor quanto na economia de dois microswitch.

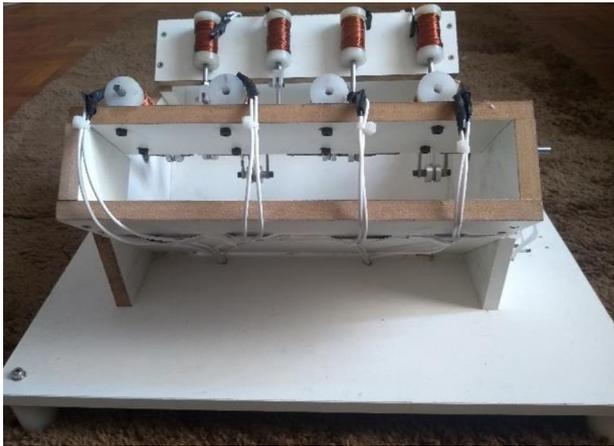
A economia destes dois microswitchs sobressalentes foi de suma importância. O grupo verificou que de todas as peças projetadas ou adquiridas, as de menor vida útil são as chaves fim de curso. Isto aponta para uma futura oportunidade de inovação. O uso de controles elétricos, como citados no parágrafo seis deste instrumento, são alternativas para a melhoria do desempenho do projeto.

A equipe conseguiu um aproveitamento melhor no investimento através da utilização de parte de peças descartadas por ocasião da confecção dos elementos mecânicos. Esta reciclagem gerou uma economia de 65% do valor inicial estimado.

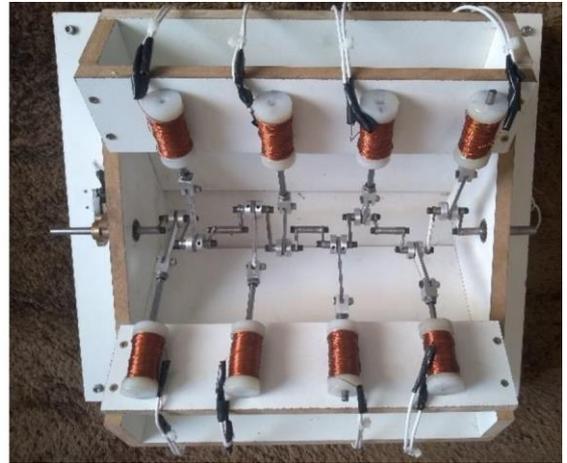
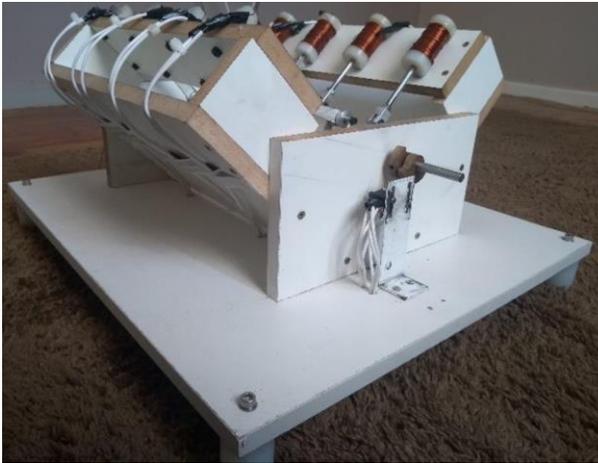
Através do vídeo disponível no link <<https://youtu.be/K5TioszMODE>> pode-se verificar a funcionalidade do projeto bem como a comprovação do alcance do objetivo deste artigo.

Ficha técnica:

- Título: V8 - Eletromagnético como modelo para motores elétricos;
- Ano de realização: 2018;
- Direção e entidade produtora: Douglas Santos e Karine Zamluti;
- Gênero: educativo; • Equipe realizadora: equipe do projeto.



**Figura 20** – Vista lateral e detalhada (real) – V8  
 Fonte: autoral



**Figura 21** – Vista isométrica e superior (real) – V8  
 Fonte: autoral

Atividade	Ordem	Etapa	Duração (horas)	Valor (R\$)
<b>Projeto</b>	<b>1</b>	Cálculos	6	0,00
	<b>2</b>	Modelagem 3D e 2D	88	0,00
	<b>3</b>	Confecção de banner	25	0,00
	<b>4</b>	Seleção do material	3	0,00
<b>Aquisição do material</b>	<b>5</b>	Aquisição	2	250,00
	<b>6</b>	Recolhimento de recicláveis	2,5	0,00
<b>Usinagem das peças</b>	<b>7</b>	Conformação das peças	45	0,00
<b>Montagem do motor</b>	<b>8</b>	Montagem	40	0,00
<b>Relatório</b>	<b>9</b>	Artigo/Relatório	18	0,00
<b>Valor Total (R\$).....</b>				<b>250,00</b>

**Tabela 2.** Tabela de custos e horas  
 Fonte: autoral

## 7. CONCLUSÃO

Está chegando a hora que os carros elétricos serão maioria em vias públicas. Eles prometem continuar crescendo devido a uma maior ascensão das grandes potências mundiais em adotar a eletricidade como fonte limpa para veículos automotores. O artigo trata do projeto e análise de um motor elétrico de pequenas dimensões. Um protótipo foi idealizado com aspectos construtivos e operacionais semelhantes aos motores à combustão interna com intuito de promover mais uma opção de modelagem de motores elétricos e consequentemente corroborar para a melhoria da qualidade do meio ambiente.

A equipe conclui que o presente trabalho, além de resultar em um protótipo que auxiliará aos alunos que venham a utiliza-lo nas disciplinas de mecânica e elétrica, nos possibilitou a ampliação dos horizontes de conhecimento relativo à Indústria 4.0, fonte de energia limpa e ao alinhamento globalizado no foco em veículos elétricos automotores.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARAN, R.; LEGEY, L.** Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil – BNDES Biblioteca Digital, Brasília, 2015.
- CORREIO DA MANHÃ – REDAÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E PUBLICIDADE. **Combustíveis do futuro.** 2017. [Internet]
- DE MOTOR. **O que é um êmbolo?.** 2016. [Internet].
- DUSOL ENGENHARIA SUSTENTÁVEL. **A tendência dos carros elétricos: o futuro está próximo.** 2017. [Internet].
- DUSOL ENGENHARIA SUSTENTÁVEL. **A tendência dos carros elétricos: o futuro está próximo.** 2017. [Internet].
- ESTADÃO. **Carros elétricos e modernidade.** 2018. [Internet].
- FLATOUT. **GRT V8i: estes caras estão colocando um motor V8 em um BMW i8.** 2015. [Internet].
- GAZETA DO POVO. **Novas montadoras de veículos elétricos surgem para concorrer com a Tesla.** 2017. [Internet].
- INSTITUTO DE FÍSICA – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA. **4 Tempos: Etapas de Funcionamento.** 2009. [Internet].
- INSTITUTO NEWTON C BRAGA. **Como usar micro-switches e chaves de fim de curso como sensores.** 2011. [Internet].
- JORNAL DO CARRO. **Ar será fonte de combustível do futuro.** 2016. [Internet].
- MOZETIC, H.** Design de Produto: Seleção de Materiais e Processos com Aplicação de Campo Magnético em Núcleos de Alto-falantes – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2008.
- NOCE, T.** Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Belo Horizonte, 2009.
- NOTÍCIAS AUTOMOTIVAS. **Como funcionam os carros híbridos?.** 2005. [Internet].
- SALA DA ELÉTRICA. **O que é chave fim de curso e onde usar.** 2017. [Internet].
- THE MERCURY NEWS. **Tesla Motors begins delivering Model S electric cars in a Silicon Valley milestone.** 2012. [Internet].
- TILLMANN, C.** Motores de Combustão Interna e seus Sistemas – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, Pelotas/RS, 2013.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Campo magnético no centro de uma bobina.** 2017. [Internet].