

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

ALANA SALGUEIRO DOS SANTOS
MAURICIO GRASSMANN

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NO SISTEMA DE IGNIÇÃO

Santo André - SP

2020

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

ALANA SALGUEIRO DOS SANTOS
MAURICIO GRASSMANN

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NO SISTEMA DE IGNIÇÃO

Monografia apresentada ao curso de tecnologia em Eletrônica automotiva da Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de tecnólogo em eletrônica automotiva.

Orientador: Prof. Dr. Edson Caoru Kitani

Santo André - SP

2020

Estudo de Influência da Pressão no Sistema de Ignição

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
FATEC SANTO ANDRÉ como requisito parcial á
Obtenção de título de Tecnólogo em Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Local: Teams

Horário: 20h

Data: 17/12/2020

Prof. Dr. Edson Caoki Kitani

Presidente da Banca

Fatec Santo André

MEMBROS

Prof. Adriano Rebolla

Primeiro Membro da Banca

Fatec Santo André

Prof. Marco Aurélio Froes

Segundo Membro da Banca

Fatec Santo André

ALUNOS

Alana Salgueiro

Mauricio Grassmann

Santo André - SP

2020

Ficha catalográfica

S237e

Santos, Alana Salgueiro dos
Estudo da influência de pressão no sistema de ignição / Alana Salgueiro dos Santos, Mauricio Grassmann. - Santo André, 2020. – 63f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Edson Caoru Kitani

1. Eletrônica. 2. Veículos. 3. Sistema de ignição. 4. Desenvolvimento. 5. Bobina. 6. Tecnologia. 7. Lei de Paschen. 8. Motor Ciclo Otto. 9. Pressão interna. 10. Dispositivo eletrônico. I. Grassmann, Mauricio. II. Estudo da influência de pressão no sistema de ignição.

621.38153

Dedico este trabalho a minha família, pelo e incentivo recebido durante todo o período desta realização. E em especial aos colegas William Jacob Entler e Clovis Shinjii que nos proporcionaram compartilhamento de conhecimento e apoio imensurável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fatec Santo André e a administração todo pelo apoio e espaço disponibilizados para que pudéssemos realizar este trabalho; aos nossos familiares e amigos pelo apoio e compreensão; aos colegas de curso pelas experiências compartilhadas e pelo apoio mútuo; E em especial ao orientador Professor Doutor Edson Kitani por acreditar em nosso trabalho, transformando um sonho em um projeto realizado, além de nos auxiliar em nosso desenvolvimento acadêmico. ; ao professor Fernando Garup por inúmeros conselhos e palavras amigas que nos foram dadas além do apoio a pesquisa.

RESUMO

Sendo o setor de reparação automotiva formador de opinião, e um dos parâmetros que levam uma marca ou um veículo de determinada marca, a atingir sucesso num mercado tão competitivo, e nas dificuldades reais encontradas para fazer com que a teoria utilizada no desenvolvimento de veículos cada dia mais tecnológicos, possa respaldar ou contrapor práticas comuns do dia a dia desse segmento, carente de informações corretas e atualizadas, e, como futuros profissionais desse setor tão competitivo, a realização deste trabalho manteve o foco na construção de uma giga de testes que possa demonstrar de forma visual e prática uma das teorias que estão relacionadas diretamente a tão almejada combustão perfeita: A lei de Paschen. Nas experiências vivenciadas pelo setor de reparação automotiva, e nas dificuldades encontradas na busca de soluções para problemas que são apresentados no dia a dia, conscientes que existirão aqueles difíceis de transpor, por falta de conhecimento, ou por falta de ferramentas que ajudem em sua resolução. Escolhemos nosso tema no intuito de criar um dispositivo para auxiliar na visualização e conscientização do efeito da pressão interna do cilindro de um motor de ciclo Otto, no processo de quebra do dielétrico para geração da centelha para atingir a combustão perfeita, além de algo que representasse mais uma alternativa para superação dos obstáculos. Esse dispositivo que será desenvolvido nesse projeto, deverá atender a alguns requisitos, pois a ideia é que seja acessível ao maior público possível, de fácil manuseio, que utilize recursos pertinentes a área, e que tenha fácil visualização dos resultados. Buscaremos atingir as nossas próprias expectativas, assim como a de nosso orientador, e das inerentes ao curso de Eletrônica Automotiva da Fatec Santo André.

PALAVRAS-CHAVE: Pressão, Lei de Paschen, Câmara de combustão, Centelha elétrica, Bobina de ignição, Centelhador.

ABSTRACT

Being the automotive repair industry is an opinion maker, and one of the parameters that lead a brand or a vehicle of a certain brand to achieve success in such a competitive market, and the real difficulties encountered to make the theory used in the development of vehicles that is more technological each day, can support or oppose common day-to-day practices of this segment, urging for correct and updated information, and, as future professionals in this very competitive sector, the accomplishment of this work kept the focus on building a test suite that can visually demonstrate and practice one of the theories that are directly related to the longed for perfect combustion: Paschen's Law. In the experiences experienced by the automotive repair sector, and in the difficulties that can be found in the search for solutions to problems that are presented on a day-to-day life, aware that there are those difficult to transpose, due to lack of knowledge, or lack of tools that help in your resolution. We choose our theme in order to create a device to aid in visualization and awareness of the effect of the cylinder of an Otto cycle engine, in the process of breaking the dielectric for spark generation to achieve perfect combustion, This proposed device in this project should meet some requirements, as the idea is to keep accessible to the largest possible public, easy to handle, which uses relevant resources to the area, and which has easy visualization of the results. We will seek to achieve our own expectations, as well as that of our advisor, and the inherent in the automotive electronics course of Fatec Santo André.

KEYWORDS: Pressure, Paschen's Law, Combustion Chamber, Combustion spark, Ignition coil, Spark gap.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variação da corrente como função da tensão	16
Figura 2 – Eletrodos de placas paralelas.....	17
Figura 3 - Constante de ionização F e G (T=20°C).....	18
Figura 4 – Gráfico Lei de Paschen	19
Figura 5 - Tensão mínima para o ar seco comparado com N ² e H ²	20
Figura 6 - Tensão mínima de ruptura para vários gases	20
Figura 7 - Ciclo de trabalho de um motor de Ciclo Otto	22
Figura 8 - Pressão no cilindro em função da posição do pistão.....	23
Figura 9 - Esquemático do circuito Kettering de ignição	24
Figura 10 - Esquemático do circuito de ignição	24
Figura 11 - Equipamento para teste de ignição SC-1102	28
Figura 12 - Equipamento Ignitest da empresa Microcar	29
Figura 13 - Bobina de ignição Hyundai HB20	30
Figura 14 - Medição de temperatura no teste de resistência das bobinas.....	30
Figura 15 - Circuito esquemático analisador de bobina.....	32
Figura 16 - Impressão do circuito eletrônico do analisador de bobinas	33
Figura 17 - Desenho câmara pressurizada.....	34
Figura 18 - Câmara Pressurizada.....	35
Figura 19 - Manômetro de pressão.....	36
Figura 20 - Giga de teste completa.....	36
Figura 21 - Fonte de alimentação	37
Figura 22 - Compressor de ar portátil	38
Figura 23 - Diagrama de funcionamento.....	38
Figura 24 - Foto sequência do teste utilizando 1,75ms.....	41
Figura 25 - Foto sequência do teste utilizando 3,34 ms.....	42
Figura 26 - Centelhamento mínima pressão e máxima pressão.....	42

LISTA DE TABELAS

Gráfico 1 – Demonstrativo da pressão em relação a tensão com
1,75ms36

Gráfico 2– Demonstrativo da pressão em relação a tensão com
3,34ms37

LISTA DE SIMBOLOS

d	Distância entre eletrodos
dn	Aumento da quantidade de elétrons
dx	Distância adicional
I	Corrente da descarga
I_0	Corrente inicial gerada pelo catodo
n_0	Número de elétrons primários gerados no catodo
α	Primeiro coeficiente de Townsend;
n	Número de elétrons
E	Intensidade de campo elétrico
F, G	Constantes de ionização
γ	Segundo coeficiente de Townsend
δ	Densidade do gás
$\epsilon,$	Permissividade relativa ou constante dielétrica do vácuo
ϵ	Permissividade relativa ou constante dielétrica do material
p	Pressão exercida sobre o gás

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO	14
1.2 Metas.....	15
1. CONCEITOS BÁSICOS	15
1.1 Método de Avalanche de Townsend	15
1.2 Lei de Paschen.....	18
1.3 Combustão	20
1.4 Ciclos do Motor.....	21
1.5 Relação de Avanço com Distribuidor.....	23
1.6 Injeção Eletrônica	26
1.7 Equipamentos Similares.....	27
2. PROJETO	29
2.1 Problemas do Sistema de Ignição.....	29
2.2 Dispositivo para Acionamento de Bobinas de Ignição.....	32
2.3 Projeto Acionador	32
2.4 Projeto Câmara Pressurizada.....	34
3.5 Fonte de Alimentação	36
2.5 Gerador de Compressor	37
2.6 Diagrama de Blocos	38
3. RESULTADOS OBTIDOS.....	39
4. CONCLUSÃO	43

4.1 Propostas futuras	43
REFERÊNCIA.....	45
ANEXOS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Os automóveis que utilizam motores de combustão por centelha, motores de ciclo Otto, são equipados com pelo menos uma bobina de ignição, no Brasil há em média 41.249.207 (Quarenta e um milhões, duzentos e quarenta e nove mil, duzentos e sete) veículos que utilizam esse sistema, segundo o site do departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), seguindo por esse pressuposto a idealização do projeto apresentado busca pela integração entre a teoria e a prática, em torno das necessidades que são postas no dia a dia na diagnose de problemas do sistema de ignição dos veículos.

A função da bobina de ignição é transformar a tensão da bateria em alta tensão necessária a formação da centelha. Essa tensão é transferida para as velas de ignição, onde são produzidas as centelhas que realizam a ignição da mistura ar combustível, ou seja, a combustão e, conseqüentemente, o funcionamento do motor, normalmente a vida útil dessas bobinas é em torno de 100 mil quilômetros, porém a vida útil pode ser reduzida dependendo da condição de uso do veículo e da verificação do estado de velas de ignição, cabos supressores e alternadores, possíveis isolamentos no sistema de aterramento elétrico do motor, entre outros.

Este projeto consiste em desenvolver e construir um instrumento de teste que possua um baixo custo, que será de grande valia para estudantes de eletrônica e mecânica automotiva, como também para os profissionais do mercado de reparação, no intuito de simular sinais e verificar o comportamento dos componentes do sistema de ignição, e no âmbito profissional possibilitar a execução de diagnósticos mais eficazes e confiáveis para seus clientes, além disso pode ser utilizado em sala para que professores demonstrem a seus alunos de cursos de tecnologias automotivas na prática o fenômeno da quebra do dielétrico e a geração da centelha, atingindo assim uma gama maior de usuários, pois a maioria dos equipamentos que realizam funções similares, são equipamentos caros e em sua maior parte inacessíveis.

Para essa realização foi decidido pelo desenvolvimento de um equipamento que pudesse acionar uma bobina de ignição, possibilitando a variação do *Duty Cycle*, e da frequência do pulso, sendo essa bobina acoplada a um dispositivo formado por uma câmara pressurizada, construída em sua maior parte em alumínio com uma tampa frontal em acrílico transparente. A vela de ignição estará alojada de forma que seus eletrodos central e lateral possam ser visualizados com facilidade.

Com a pressão, *Duty Cycle* e frequência ajustáveis, poderemos visualizar a condição da centelha de ignição em todas as combinações de variáveis permitidas, tornando o experimento muito próximo do real funcionamento destes componentes instalados em um motor a combustão por centelha. Isso permite que levemos a bobina de ignição a uma condição de estresse, que permitirá a análise de diversos parâmetros relativos aos problemas que mais causam dúvidas na elaboração de um diagnóstico conclusivo de falhas do sistema de ignição.

1.1 Objetivos

Esse projeto tem como objetivo criar um equipamento que realize testes, possibilitando a verificação da eficiência da centelha de ignição, em condições de rotação e tempo de carregamento, fuga de centelha pelo corpo da bobina, e análise em bancada de todos os sinais simulando de forma muito próxima as condições de funcionamento do sistema em condições de uso no veículo. Este equipamento contará, com centelhador em uma câmara pressurizada, reproduzindo de maneira fiel, ou o mais próxima possível as condições internas da câmara de combustão, podendo ser também utilizado centelhadores ajustáveis para uma, ou até duas centelhas simultâneas ou diretamente no veículo utilizando como fonte de alimentação a bateria do mesmo. Neste caso deverá ser utilizado um centelhador individual facilmente encontrado nas pequenas oficinas de reparação automotiva, que contará com uma fonte de tensão de doze volts e trinta amperes, um gerador de sinal PWM, que poderá ser ajustado em frequência e *Duty Cycle*, sendo que este sinal será tratado por um circuito transistorizado para acionamento de bobinas de ignição para sistema de ignição estática, com bobinas transistorizadas ou comuns.

1.2 Metas

A principal característica buscada nesse projeto, é de poder ser um simulador que de modo prático possa ser utilizado na demonstração clara da influência da pressão no dielétrico dentro da câmara de combustão dos veículos com motores de ciclo Otto, e que possibilite uma rotina de testes clara e de fácil realização, permitindo realizar a coleta de dados em condições de pressão diferentes, obtendo resultados conclusivos, assim possibilitando diagnoses mais precisas do sistema de ignição. Abrindo possibilidades para sua utilização em estudos futuros, e para uso profissional tendo redução significativa de retrabalhos. Algo que nem sempre é computado na hora de formatação do custo dos serviços e muitas vezes consumindo parte da receita planejada pelo profissional.

2. CONCEITOS BÁSICOS

A fundamentação teórica necessária para se compreender o papel de um sistema de ignição de um motor de combustão interna ciclo Otto começa pelo entendimento da mecânica e da dinâmica existente nesses motores. Para isto, este capítulo foi dividido em 7 subsecções contendo as diversas informações relevantes, de forma organizada, explanando desde o básico até os assuntos específicos deste trabalho.

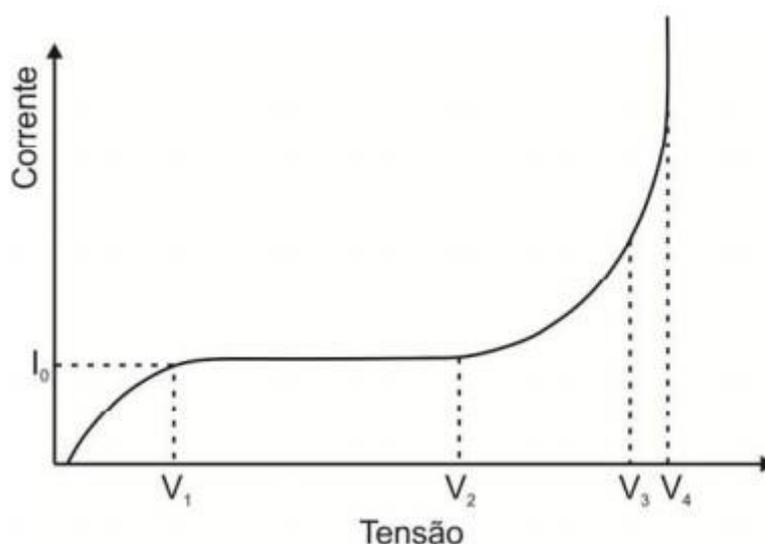
2.1 Método de Avalanche de Townsend

Em geral, o gás em seu estado normal é considerado praticamente um isolante ideal. No entanto, quando se aplica uma tensão elevada (tensão de ruptura) entre dois eletrodos imersos em um meio gasoso, o gás se torna um condutor e uma descarga elétrica se inicia (NAIDU; KAMARAJU, 1995). Os processos iniciais responsáveis por essas descargas no gás são a ionização por colisões e a fotoionização, considerando que um campo elétrico seja aplicado e sua intensidade seja superior ao valor máximo suportado pelo gás. A tensão de ruptura (V_r) é calculada através da lei de Paschen associada a um mecanismo de ruptura do gás. Há dois mecanismos muito utilizados para explicar o processo da descarga elétrica

em um gás, o Método de Avalanche de Townsend e o Método do Canal (Streamer). Essa dissertação irá abordar apenas o método da Avalanche de Townsend, que através de experimentos para geração de descargas no ar teve a sua validade comprovada para campos uniformes e valores do produto entre pressão e distância dos eletrodos (pd) para valores de até 15 kPa/m (ALSTON, 1968, BARTINIKAS, 2002, ABDEL-SALAM; STANEK, 1988).

Os seus estudos de Townsend, verificou que com o aumento da tensão, a corrente aumenta até próximo de um valor I_0 , e se mantém praticamente constante, como pode ser visualizado na Figura 1. A corrente I_0 , corresponde a corrente produzida pelo catodo por radiação externa. Para tensões superiores a V_2 , a corrente aumenta acima desse valor I_0 a uma taxa que rapidamente aumenta com a tensão até que a descarga ocorre. Esse aumento da corrente foi atribuído por Townsend ao processo de ionização do gás por colisão de elétrons (MEEK; CRAGGS, 1953,). Como é possível demonstrar na figura 1 que corresponde a variação da corrente em função da tensão.

Figura 1 - Variação da corrente como função da tensão



Fonte: (MORSHUIS, 1993).

Para explicar esse aumento da corrente Townsend introduziu uma constante, denominada de primeiro coeficiente de Townsend (α), um evento de ionização original produz um par de íons; o íon positivo acelera em direção ao cátodo, enquanto o elétron livre acelera em direção ao ânodo, sendo assim percorrendo a distância de 1 cm na direção do campo elétrico, e seu valor depende do tipo de gás no interior da cavidade (MEEK; CRAGGS, 1953, NAIDU; KAMARAJU, 1995, KUFFEL, 2002). Considerando n como sendo o número de elétrons em uma distância x do catodo na direção do campo, Figura 2, o aumento da quantidade de elétrons, dn , em uma distância adicional, dx , é dada por (KUFFEL, 2002, WADHWA, 2007).

$$dn = \alpha \cdot n \cdot dx$$

$\alpha \rightarrow$ primeiro coeficiente de Townsend;

Integrando ao longo da distância do catodo para o anodo, obtém-se:

$n = n_0 e^{\alpha d}$, onde, $n_0 \rightarrow$ número de elétrons primários gerados no catodo,

Reescrevendo a equação (x) em função da corrente chega-se a:

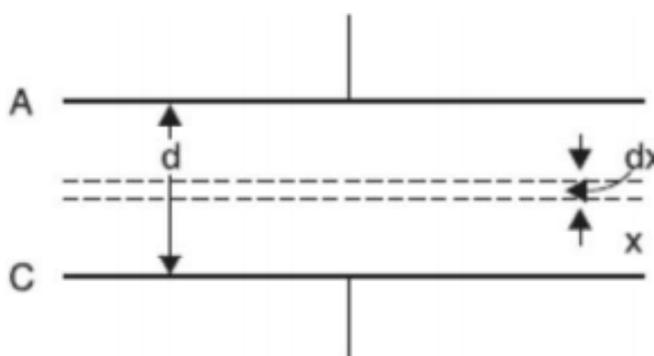
$I = I_0 e^{\alpha d}$ onde, $I \rightarrow$ corrente da descarga [A];

$I_0 \rightarrow$ corrente inicial gerada pelo catodo [A];

$d \rightarrow$ distância entre eletrodos [mm];

O termo $e^{\alpha d}$ é conhecido como elétron de avalanche e representa o número de elétrons produzidos por um elétron viajando do catodo para o anodo.

Figura 2 – Eletrodos de placas paralelas.



Fonte: (WADHWA, 2007)

Diversas medições foram executadas por diversos pesquisadores e essas medições mostraram que α/p , onde p é a pressão exercida sobre o gás, é uma função dependente de E/p , onde E é o campo elétrico aplicado (MEEK; CRAGGS, 1953). Essa relação é mostrada na equação 1 (KUFFEL, 2002, SANDIA NATIONAL LABORATORIES, 2003):

$$\frac{\alpha}{p} \approx FE^{-Gp/E} \text{ (Equação 1)}$$

Alguns dos valores experimentais das constantes de ionização F e G para vários gases estão listados na tabela da figura 3. Com esses valores é possível obter, através da equação (1), a relação α/p válidas para as faixas de E/p apresentadas. No caso das cavidades apresentadas nesta dissertação é considerado que o gás presente em seu interior é o ar atmosférico.

Figura 3 - Constante de ionização F e G ($T=20^\circ\text{C}$)

<i>Gás</i>	<i>F</i> [cm ⁻¹ Torr ⁻¹]	<i>G</i> [Vcm ⁻¹ Torr ⁻¹]	<i>Faixa de E/p</i> [Vcm ⁻¹ Torr ⁻¹]
H ₂	5	130	150-600
N ₂	12	342	100-600
Ar atmosférico	15	365	100-800
CO ₂	20	466	500-1000
He	3	34	20-150
Hg	20	370	200-600

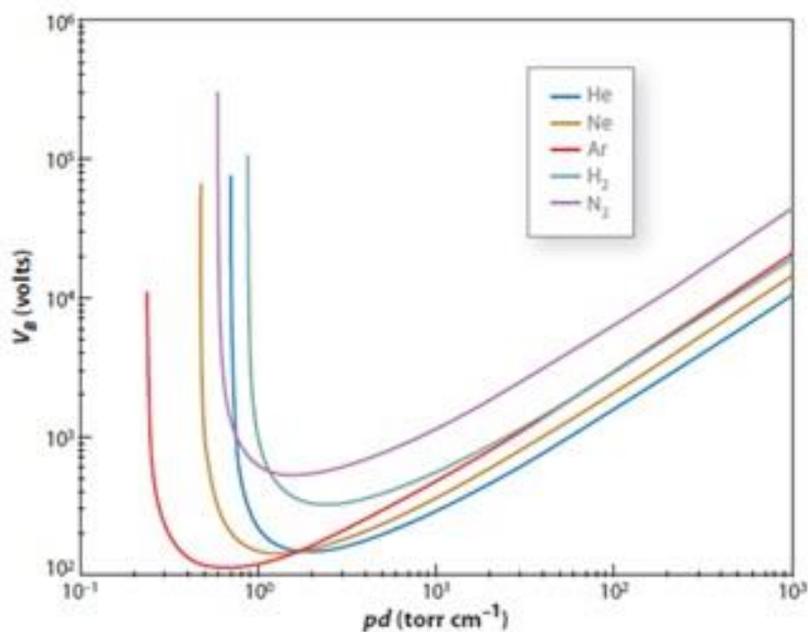
Fonte: adaptada de (KUFFEL, 2002).

2.2 Lei de Paschen

A Lei de Paschen é uma equação que fornece a tensão de ruptura do dielétrico, ou seja, qual a tensão necessária para iniciar uma descarga o arco elétrico, entre dois eletrodos de um gás em função da pressão e do comprimento do espaço onde VB é a tensão de ruptura em volts, p é a pressão em pascal, d é a distância do intervalo em metros, γ é o coeficiente de emissão de elétrons secundários (o número de elétrons secundários produzidos por íon positivo incidente), A é a ionização por saturação no gás em um determinado E/p (campo elétrico / pressão) e B está

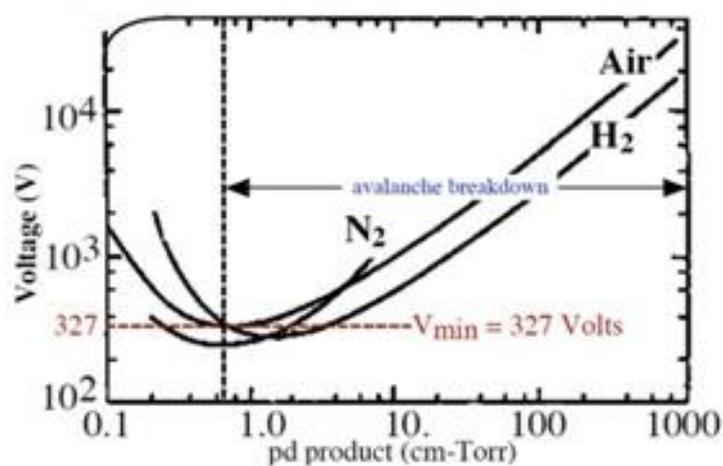
relacionado às energias de excitação e ionização como podemos ver no gráfico da figura 4.

Figura 4 – Gráfico Lei de Paschen



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Paschen-ionization-curves-obtained-for-helium-He-neon-Ne-argon-Ar-hydrogen_fig4_329589361

A lei diz que se multiplicarmos a pressão por um fator K , e dividirmos a distância entre os eletrodos também por esse fator K , a tensão para quebra do dielétrico continuará a mesma como demonstrado no gráfico figura 5.

Figura 5 - Tensão Mínima para o Ar Seco comparado com N₂ e H₂Tensão mínima para o Ar Seco, comparado com N₂ e H₂.Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1473372/>

Na tabela da figura 6 podemos observar a tensão mínima de ruptura para vários tipos de gases e como eles se comportam.

Figura 6 - Tensão mínima de ruptura para vários gases

Gás	V _{r min} [V]	pd _{min} [Pa.m]
Ar atmosférico	327	0,754
Ar	137	1,197
H ₂	273	1,530
He	156	5,320
CO ₂	420	0,678
N ₂	251	0,891
O ₂	450	0,931

Fonte: adaptada de (ABDEL-SALAM et al., 2000)

2.3 Combustão

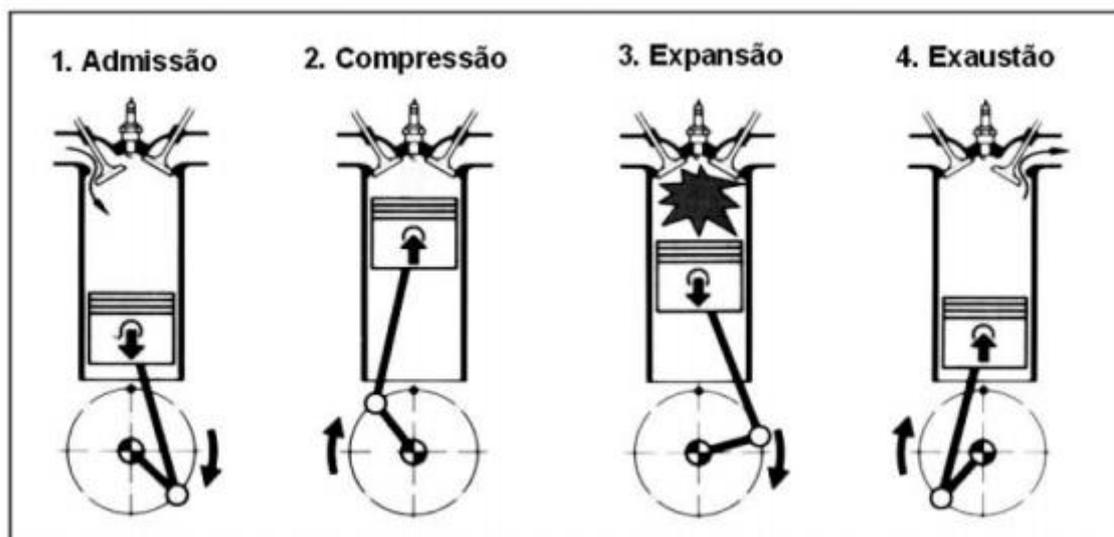
Em um motor de combustão automotivo, a energia obtida sob a forma de calor da câmara de combustão devido à combustão da mistura de ar e combustível, causa a

expansão da mistura gasosa. Esta expansão movimenta um embolo ou pistão, realizando trabalho em seu interior. Em seguida, os gases resultantes da combustão são expelidos para o exterior, entrando novamente para a câmara uma mistura de ar e combustível, e todo o processo volta a repetir-se em um processo cíclico. O movimento do embolo ou pistão, que equivale a uma porcentagem de trabalho exercido, apenas acontece para que forneça energia ao motor e, segundo a 1ª lei da termodinâmica, o trabalho efetivo realizado por uma máquina térmica não pode ser superior a energia recebida sob a forma de calor. Desta energia somente uma parte é utilizada para o trabalho, a outra é transformada em calor que provoca um aumento da temperatura da máquina (que depois é preciso arrefecer). O sistema de arrefecimento é embasado pela 2ª lei da termodinâmica, onde faz-se necessário o uso de ventilação para que o fluxo de calor aconteça da temperatura menor para a maior. A ação externa deve-se ao fato de que este fluxo não acontece espontaneamente.

2.4 Ciclos do Motor

Os motores de ciclo Otto possuem 4 tempos de trabalho que em um ciclo de trabalho corresponde a duas voltas da árvore de manivelas, à medida que este movimento rotativo é realizado, os pistões se movem dentro dos cilindros, entre o ponto morto superior (PMS) e o ponto morto inferior (PMI). As bielas são responsáveis por transmitirem o movimento dos pistões, para a árvores de manivela. Assim 4 tempos são executados por um cilindro, como mostra a figura 7.

Figura 7 - Ciclo de trabalho de um motor de Ciclo Otto



Fonte: [ADAPTADO DO BOSCH, 2005]

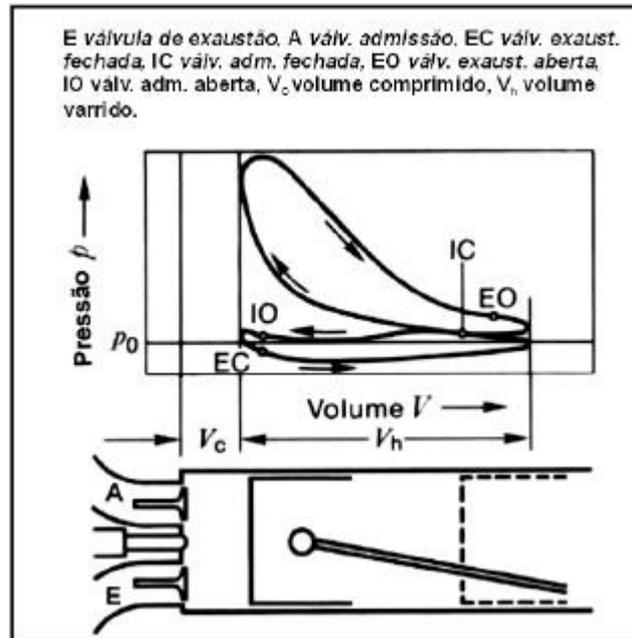
Para cada cilindro, um conjunto de válvula é responsável pela admissão da mistura ar-combustível (nos motores de injeção indireta) e exaustão dos produtos da combustão da mistura, elas são denominadas respectivamente como válvulas de admissão e válvulas de escape e podem variar em número de motor para motor. As válvulas são acionadas pelo eixo de comando das válvulas, que por sua vez é acionada pela árvore de manivelas. Os 4 tempos do funcionamento de um motor funcionam da seguinte forma:

1. **Admissão:** Se caracteriza pelo movimento do pistão PMS para o PMI com a válvula de admissão aberta e a válvula de exaustão fechada, com este movimento do pistão, a mistura ar-combustível flui para dentro do cilindro.
2. **Compressão:** Durante este ciclo o pistão se desloca do PMI para o PMS, com as válvulas fechadas, comprimindo a mistura ar-combustível na câmara de combustão. Antes do pistão atingir o PMS, o sistema de ignição produz uma centelha, através da vela de ignição do respectivo cilindro. A centelha gerada dá início a queima da mistura, fazendo com que a pressão no cilindro seja elevada.
3. **Expansão:** A alta pressão do cilindro, causada pela queima da mistura, faz com que o pistão se desloque do PMS para o PMI, com as válvulas ainda fechadas, é durante este processo de expansão que a energia contida no combustível é liberada e transformada em movimento.

4. **Exaustão:** O pistão se desloca do PMI para o PMS, a válvula de exaustão se abre fazendo com que o produto da queima da mistura ar-combustível seja expelido do cilindro para a atmosfera.

Como demonstrado na figura 8, é possível observar a variação da pressão no cilindro em função da posição do pistão e a fase que está sendo realizado.

Figura 8 - Pressão no cilindro em função da posição do pistão

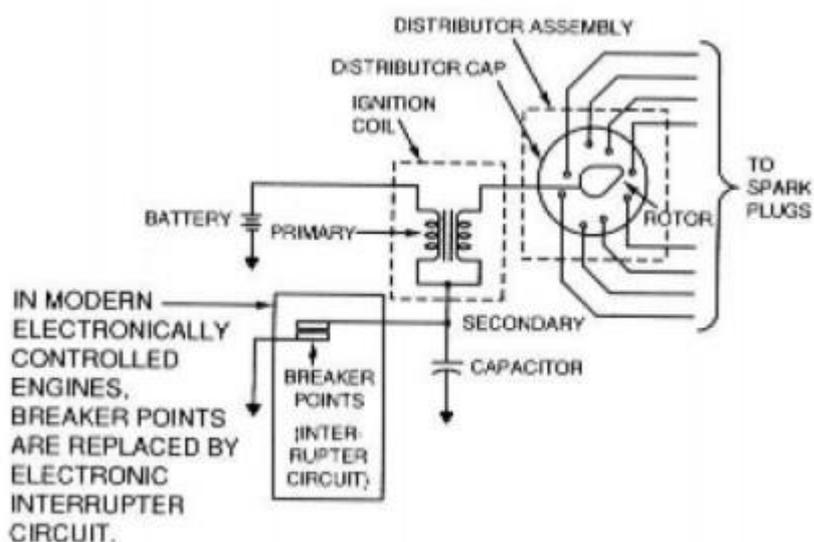


Fonte: [BOSCH (1988), p.5, fig. 2]

2.5 Relação de Avanço com Distribuidor

O sistema de ignição fornece um pulso de alta tensão que inicia o arco. A figura 9 demonstra um esquemático do circuito elétrico do sistema. O pulso de alta tensão é gerado pela descarga indutiva de um transformador especial de alta tensão comumente chamada de bobina de ignição. O pulso de alta tensão é entregue para a vela de ignição apropriada no tempo correto para distribuir a ignição através de um circuito distribuição. Antes dos modernos controles e, a distribuição de pulsos de alta tensão era realizada por uma chave rotatória chamada de distribuidor.

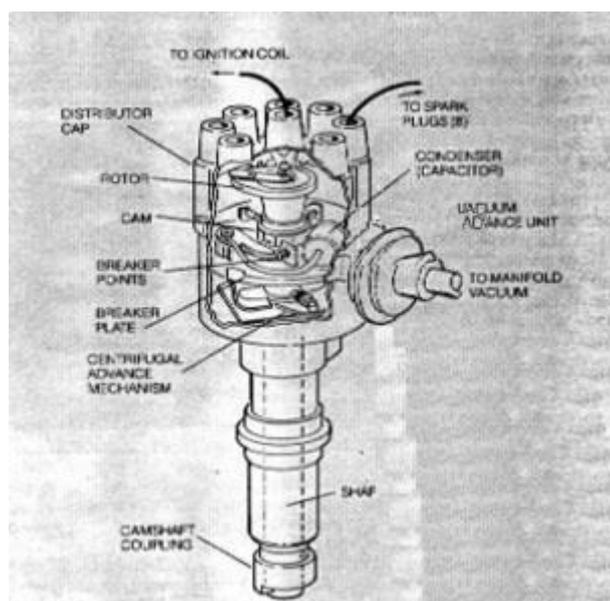
Figura 9 - Esquemático do circuito Kettering de ignição



Fonte: Extraído (RIBBENS, 1998)

A Figura 9 acima mostra um esquemático típico de um distribuidor, enquanto a figura 10 a seguir é um típico *layout* físico.

Figura 10 - Esquemático do circuito de ignição



Fonte: Extraído (RIBBENS, 1998)

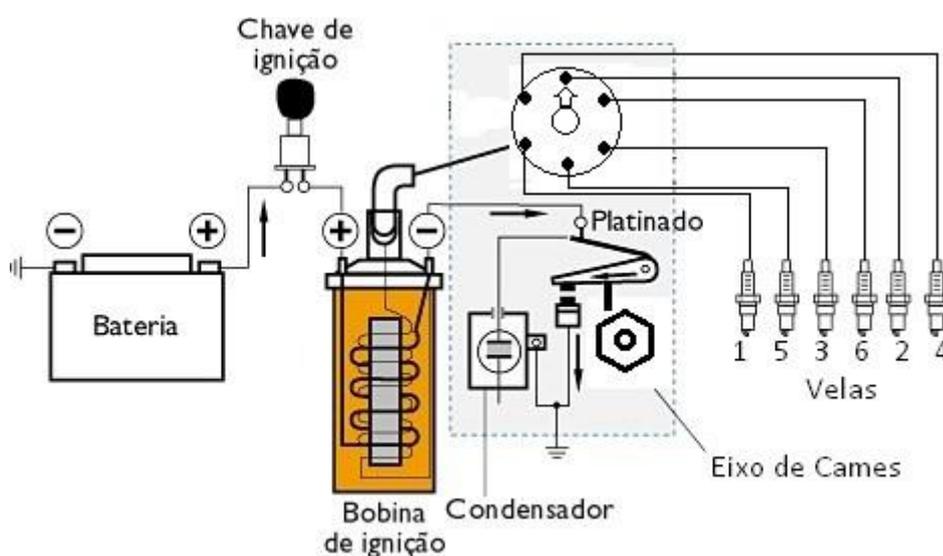
Mecanicamente o eletrodo central é movido por um comando de válvulas (por engrenagens) e gira sincronamente na velocidade do comando. O distribuidor é um meio obsoleto de distribuidor de centelha para a vela de ignição adequada, e está sendo substituído por múltiplas bobinas, tipicamente uma para cada cilindros. A distribuição de centelha será explicada em termos de um distribuidor e iniciação de uma centelha em termos de um platinado, de modo a fornecer um cenário para uma discussão do moderno sistema de ignição sem distribuidor. Deste modo, é possível ver os benefícios do controle eletrônico. Um conjunto de ligações elétricas, comumente chamados de cabos de vela, são conectados entre os vários terminais centrais das velas de ignição e os terminais individuais na tampa do distribuidor. O terminal central da tampa do distribuidor é conectado ao secundário da bobina de ignição.

Atualmente a geração dos pulsos de alta tensão é obtida por chaveamento da corrente através do circuito primário. Os mecanismos do distribuidor de um tradicional sistema de ignição para chavear o circuito primário da bobina consiste em abrir e fechar os contatos de um platinado (uma chave), por um came que gira no distribuidor. Durante os intervalos entre os pulsos de ignição, os contatos do platinado estão fechados. A corrente passa através do primário da bobina, criando um campo magnético que liga o primário e o secundário de uma bobina. No instante em que o pulso para a centelha é necessário, os contatos do platinado são abertos o que interrompe o fluxo de corrente no primário da bobina e o campo magnético se acaba rapidamente, esse desaparecimento precoce do campo magnético induz um pulso de alta tensão no secundário da bobina. Esse pulso é chaveado através do rotor do distribuidor, do terminal da tampa do distribuidor e o cabo da vela de ignição até a apropriada vela de ignição. O capacitor absorve a corrente do primário, no qual continua passando pelo pequeno intervalo no qual os contatos do platinado estão abrindo, e limita o arco sobre o platinado.

A corrente do primário aumenta com o tempo depois do platinado fechar. No momento que o platinado abre, esta corrente começa a cair rapidamente. É durante esta rápida queda na corrente do primário que o pulso de alta tensão no secundario ocorre. A corrente do primário oscila por causa do circuito ressonante formado pela bobina e pelo capacitor. Um comando tendo o mesmo número de lóbulos que o

número de cilindros é montado na haste do distribuidor. À medida que esse comando roda, ele alterna entre aberto e fechado o platinado. O braço móvel do distribuidor tem uma parte isolada que é pressionada contra o comando por uma mola. Quando esta parte isolada é alinhada com uma superfície lisa do comando, os contatos do platinado são fechados. Quando o comando gira esta parte isolada é movida por um lóbulo (um ponto alto) no comando. Nesta hora o platinado abre e ocorre a centelha. (RIBBENS, 1998). Conforme podemos ver na Figura 11

Figura 11 – Sistema com Platinado



Fonte: <https://www.willysoverland.com.br/ignicao.php>

2.6 Injeção Eletrônica

Inicialmente os sistemas de injeção surgiram como alternativa aos carburadores tendo o propósito de controlar a injeção de combustível. Contudo, graças a facilidade de integração proporcionada pelos sistemas eletrônicos, foi concentrando diversas funcionalidades e monitoramento do motor, ampliando suas funções no automóvel. Atualmente os sistemas de injeção podem ser considerados sistemas eletrônicos complexos, formados por múltiplos sensores e atuadores responsáveis pelo gerenciamento completo do motor.

Sistemas de injeção eletrônica de combustível têm a função de dosar corretamente a massa de combustível em função das condições de operação do motor e são classificados em função da estratégia de controle, do número de válvulas injetoras e da posição das válvulas injetoras no sistema de admissão do motor, são eles: Injeção indireta monoponto, injeção indireta multiponto e injeção direta multiponto.

O controle de ignição dentro do sistema garante a ocorrência de uma centelha no momento correto garantindo energia suficiente para iniciar a combustão. Por fim, o controle de marcha lenta mantém o motor em regime de funcionamento quando o veículo se encontra com a válvula de borboleta fechada. São esses os três controles considerados básicos ou essenciais para o motor funcione corretamente. Os outros controles são utilizados para aumentar o desempenho, melhorar a dirigibilidade, reduzir consumo de combustível e reduzir emissões de poluentes, não sendo considerados básicos, no entanto hoje essenciais, e amplamente utilizados em sistemas comerciais e de competições automobilísticas. (BRAGA, 2007).

2.7 Equipamentos Similares

Tendo em vista que o projeto tem o objetivo de simular sinais e verificar o comportamento dos componentes do sistema de ignição, visando a construção de um equipamento de baixo custo, em busca de facilitar a execução de diagnósticos mais eficazes e confiáveis tanto para pesquisa e para o âmbito profissional, fomos buscar no mercado produtos com propostas similares as do projeto, e em quase sua totalidade dos casos esses equipamentos são de custo muito elevado, e de operação não tão simples, e em nenhum dos equipamentos que estão disponíveis no mercado foi encontrado dispositivos que levassem em conta a pressão interna do cilindro, para testes das bobinas de ignição em bancada.

Buscamos no mercado informação sobre equipamentos disponibilizados por empresas brasileiras, que teriam funcionalidades semelhantes à nossa giga de teste, encontramos alguns exemplos, sendo que em dois casos conseguimos realizar testes práticos:

1. Equipamento Silcar - Primeiro caso verificado foi o equipamento fornecido pela empresa Silcar, um equipamento bem completo, que possibilita testes de várias bobinas encontradas no mercado e com possibilidade de aquisição de novos acessórios para complemento de linha. Pontos desfavoráveis, seu alto custo, equipamento grande para teste somente em bancada, e em um tipo de bobina testada nesse equipamento encontramos um problema, que infelizmente o produto não detectou, a bobina de ignição não funcionava no veículo, mas no equipamento a peça funcionava perfeitamente. Descobrimos posteriormente tratar-se de diferença no drive de acionamento da bobina entre dois fabricantes da ECU utilizada nesse veículo, e que com esse equipamento não foi possível diagnosticar, Equipamento Silcar SC-1102 conforme Figura 12.

Figura 12 - Equipamento para teste de Ignição SC-1102



Fonte: Silcar

2. Segundo equipamento pesquisado foi o produto fornecido pela Microcar conforme Figura 13, um equipamento portátil, de fácil manuseio, que apesar de não ter o custo tão elevado como o equipamento do primeiro caso, ainda continua não sendo tão acessível a pequenos reparadores e recomendado pelo fabricante a compra de uma fonte de alimentação própria para que os resultados das análises fossem precisos.

Figura 13 - Equipamento Ignitest da empresa Microcar



Fonte: <http://www.microcar.com.br/>

Concluimos que apesar da eficiência relativa dos equipamentos estudados, eles não reproduzem com precisão o funcionamento no veículo, pois não disponibilizam câmara pressurizada para realização de seus testes.

3. PROJETO

O projeto será dividido em três partes, primeiro serão apresentados problemas ocorridos com bobinas de ignição. Segunda passo, será criado um dispositivo para acionamento das bobinas de ignição, e no terceiro momento será criada uma câmara de pressurização para comprovação da influência da pressão interna do cilindro no dielétrico do ar.

3.1 Problemas do Sistema de Ignição

Foram encontradas em campo algumas ocorrências, as quais, foram utilizadas como base do estudo, para poder exemplificar de forma concreta, os problemas que o sistema de ignição está sujeito.

O caso a seguir trata-se de bobinas derretidas, que sofreram sobrecarga de tensão, e excesso de temperatura conforme Figura 15 ou foram carregadas por um tempo maior do que o suportado pelo componente como demonstrado na Figura 14. A bobina de Ignição de um veículo Hyundai HB 20, 1.0 3 cilindros.

Figura 14 - Bobina de Ignição Hyndai HB20



Parâmetros da Bobina Hyundai 27301-04000, utilizada nos testes com nosso protótipo, conforme a tabela da Figura 15.

Figura 15 - Condições e parâmetros de teste da bobina

Condições de teste	
Temperatura	23±5°C
Pressão	101.3 ± 4KPa
Tensão	14 V

Frequência	50±1Hz
Parâmetros Bobina	
Resistência enrolamento primário	0,79Ω ±15%
Resistência enrolamento secundário	5,9 K Ω ±15%
Tempo de carregamento	2,0 ms ±0,05
Corrente de primário	8,8 A ±0,8
Tensão de secundário (25pF)	≥31 KV
Tensão de secundário com carga (25pF // 1MΩ)	≥31 KV
Energia Zener @ 1000V	≥31mJ

Fonte: Autoral, dados técnicos retirada de <https://www.mmcofap.com.br/>

Figura 16 - Medição de temperatura no teste de resistência das bobinas



Fonte: Autoral, abril 2018

Foram realizados testes com bobinas de ignição originais e peças encontradas no mercado de reposição. Foram utilizados para realização destas simulações uma bateria automotiva 12 volts e 60 amperes, um medidor de energia com wattímetro, amperímetro e voltímetro; assim como um termômetro infravermelho.

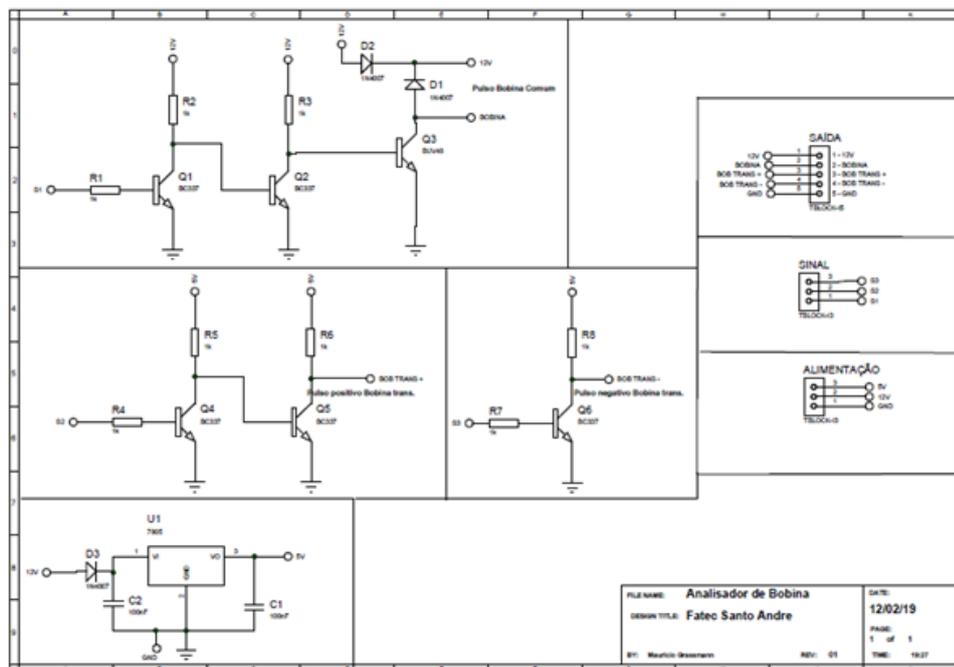
3.2 Dispositivo para Acionamento de Bobinas de Ignição

Sabendo-se que temos bobinas “comuns” acionadas pela central de injeção onde o circuito de tratamento de sinal e acionamento faz parte do circuito da própria central, e as bobinas “Transistorizadas”, onde o circuito faz parte integrante do componente, ou, que possui esse módulo eletrônico responsável pelo tratamento do sinal acoplado ao seu corpo. Foi necessário projetar um circuito eletrônico que atendesse a essa especificação, portanto optamos por um circuito que gerasse os dois sinais simultâneos com saídas diferentes, uma para bobinas comuns e outra para as bobinas transistorizadas, simplificando o circuito evitando assim pontos que poderiam gerar problemas, e buscando a simplicidade na construção do projeto – um dos nossos principais objetivos.

3.3 Projeto Acionador

Para geração do sinal PWM (*Pulse Width Modulation*), foi utilizado um equipamento de comercialização já existente, facilmente encontrado no mercado, e de baixo custo, o que mantém um dos princípios deste trabalho, que é de poder ser acessível ao maior número de pessoas que pretendem estudar os efeitos da pressão no aumento do dielétrico a ser vencido pelo sistema de ignição. Sendo assim, precisaremos desenvolver um circuito eletrônico para alimentar esse gerador de sinais PWM, e que realiza o tratamento do sinal gerado para que se possa realizar o acionamento das bobinas. Na figura 17 é possível visualizar o circuito construído.

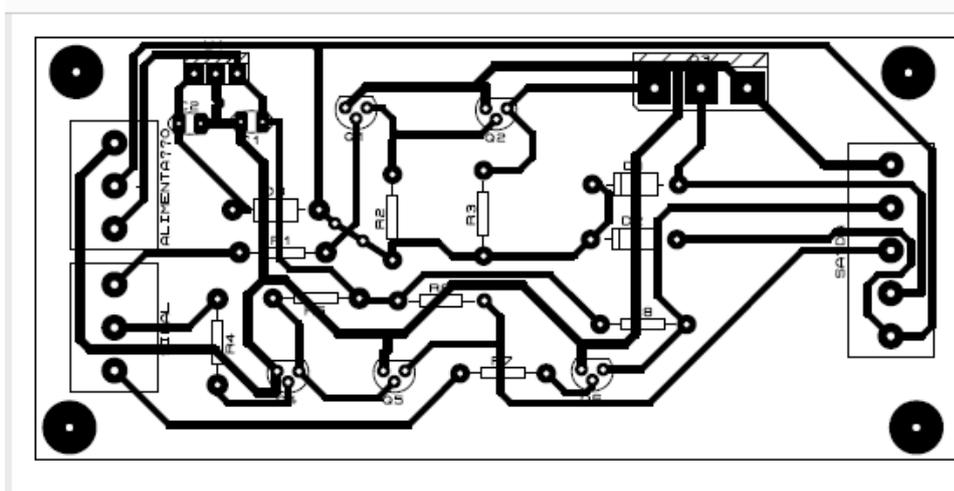
Figura 17 - Circuito Esquemático Analisador de Bobina



Fonte: Autoral, março 2018

O gerador de PWM gera o sinal, vai entrar no pino e passar pelo transistor BT137 que realiza a amplificação do sinal, após passar pelo transistor de potência onde vai sair o sinal para alimentação do pino responsável pela bobina comum ou transistorizada, possui dois bornes que são responsáveis pela alimentação e aterramento do circuito e possui diodos de proteção. Figura 18 demonstra a impressão do circuito eletrônico.

Figura 18 - Impressão do Circuito eletrônico do Analisador de Bobinas



Fonte: Autoral, março 2018

3.4 Projeto Câmara Pressurizada

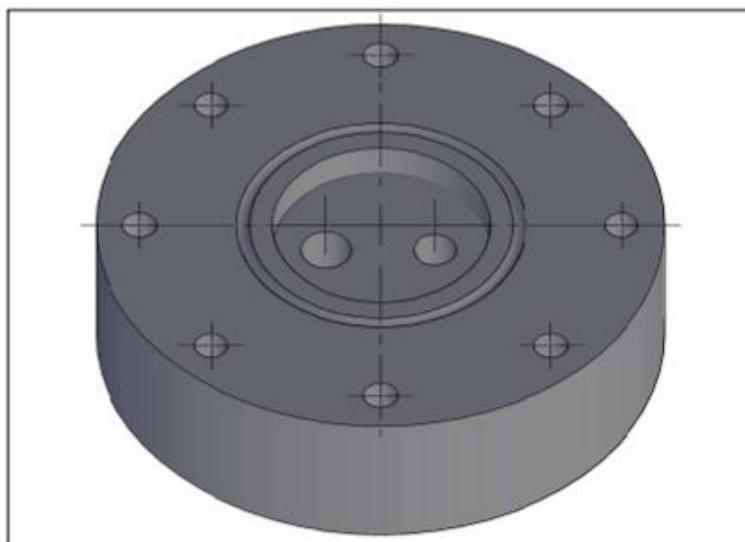
Para construção da câmara pressurizada, o principal desafio imposto ao projeto, foi a necessidade da visualização total do fenômeno da quebra do dielétrico. Sendo assim, procuramos diversas alternativas:

A primeira delas foi a de utilizarmos o corpo metálico de um extintor de incêndio. Pois tratava-se de um cilindro fabricado especificamente para suportar altas pressões, mas, dificultava e encarecia muito o projeto. Sendo um cilindro metálico, para que fosse possível a visualização da centelha seria necessário cortá-lo para podermos realizar a construção de uma janela, vedada por um tubo de acrílico. Contudo encontramos problemas para executar uma vedação eficiente, pois há diferença nas dimensões entre o corpo do extintor e dos tubos de acrílico – que estão disponíveis no mercado – além do custo elevado do tubo de acrílico.

A segunda alternativa seria a instalação de uma câmara inserida através de um orifício aberto no cilindro do extintor, ideia também descartada, pelo custo e pelo aumento da complexidade na construção do projeto.

A alternativa escolhida, foi a usinagem de uma peça em alumínio conforme a Figura 18 com espessura suficiente para construção de uma pequena câmara onde fosse alojada a vela de ignição, e um duto para a alimentação do ar comprimido. No entorno da câmara foi usinado um canal para o alojamento de um anel de vedação (*oring*), assim como oito furos roscados para que fosse fixada uma placa de acrílico com espessura mínima de 10mm, para suportar pressões de até 14 kgf/m^2 . A fixação da placa de acrílico no conjunto da câmara foi feita por 8 parafusos Allen M8 com arruelas de apoio figura 19 e 20.

Figura 19 - Desenho câmara pressurizada



Fonte: Autoral, março 2018

Figura 20 - Câmara Pressurizada



Fonte: Autoral, março 2018

Para controle e verificação da pressão interna da câmara, instalamos uma válvula de controle e um manômetro com escala de 0 à 14 Kgf/cm², (divisões de 0.5 kgf/m²) alojado e fixado na placa de acrílico, com conexões de engate rápido e tubulações em tecalon 6mm conforme Figura 21.

Figura 21 - Manômetro de pressão, marca WTS



Fonte: Autoral, maio 2018

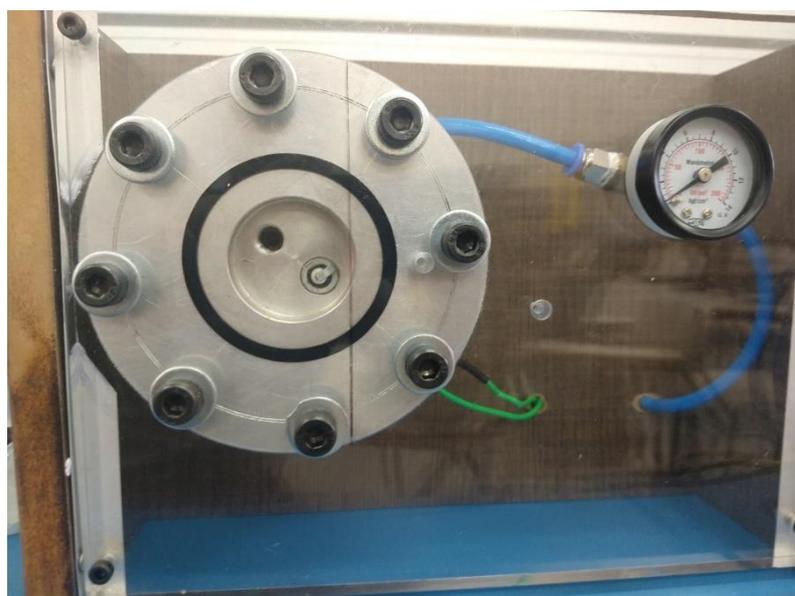


Figura 22 - Giga de teste Completa

Fonte: Autoral, maio 2018

3.5 Fonte de Alimentação

Para alimentação desse conjunto escolhemos uma fonte 12 V e 30 A, com potência de 360W ela foi escolhida para que não houvesse oscilações durante a

operação do simulador e a fonte estabiliza a alimentação eletrônica através do chaveamento, conforme Figura 23.

Figura 23 - Fonte de Alimentação chaveada 12v a 30 A, marca ultra



Fonte: <https://www.connectparts.com.br/fonte-chaveada-colmeia-metalica-12v-30a-360w-universal-entrada-bivolt-110v-220vsom-automotivo-120752/p>

3.5 Gerador de Compressor

Foi escolhido o compressor de ar portátil que possui 300 PSI 50W e 12V, é composto basicamente de borracha, plástico e metal, possui um manômetro e duas escalas de pressão da mangueira, com válvula especial, a escolha deste item se deu por possuir um baixo valor, e atende as demandas de pressão escolhidas para os testes. É possível visualizá-lo na Figura 24.

Figura 24 - Compressor de ar portátil, Tramontina para carros 200PSI 50W 12V

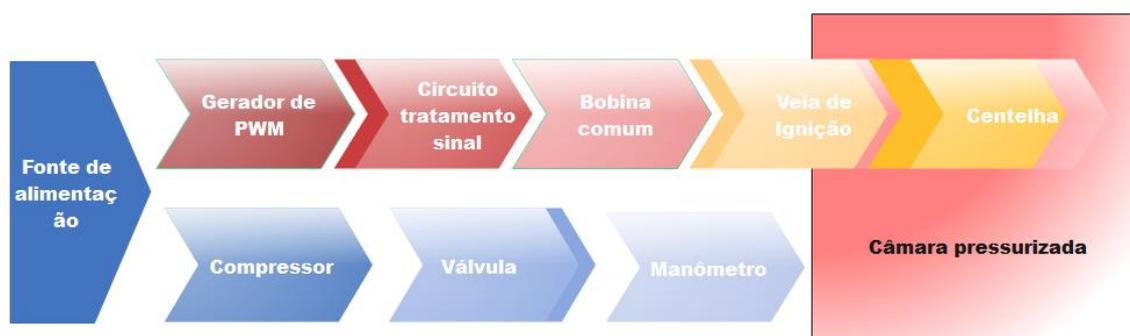


Fonte: <https://www.tramontina.com.br/p/42330001-280-compressor-de-ar-portatil-tramontina-para-carros-300-psi-50-w-12-v>

3.6 Diagrama de Blocos

Na imagem 25 é possível verificar o sequenciamento do funcionamento da giga de teste construída.

Figura 25 - Diagrama de funcionamento



Fonte: Autoral, 2020

Uma explicação sucinta do circuito é que o mesmo é alimentado por uma fonte de alimentação, possui um circuito gerador de PWM, que passa por um refinamento do sinal até o valor chegar à bobina gerando a centelha dentro da câmara

pressurizada, é utilizado um compressor para simular a pressão atmosférica e proporcionar a quebra do dielétrico, essa pressão é demonstrada em um manômetro, todo o sistema está protegido por uma estrutura construída de madeira e acrílico.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos testes realizados na giga de teste construída, conforme proposto no projeto.

Para realização dos testes para captação do sinal do secundário da bobina de ignição em diferentes condições de pressão. Programamos nosso gerador de pulsos PWM para um tempo de carregamento do enrolamento primário com o tempo de 1,75ms, mantendo fixo e alterando a pressão interna da câmara de 0 bar de pressão com incrementos de 0,5 bar para cada sinal capitado. Para que o experimento fosse mais próxima das condições reais de funcionamento de um motor de combustão interna de ciclo Otto, realizamos uma segunda coleta de dados com as mesmas condições de pressão, mas utilizando um tempo de carregamento da bobina de 3,43ms.

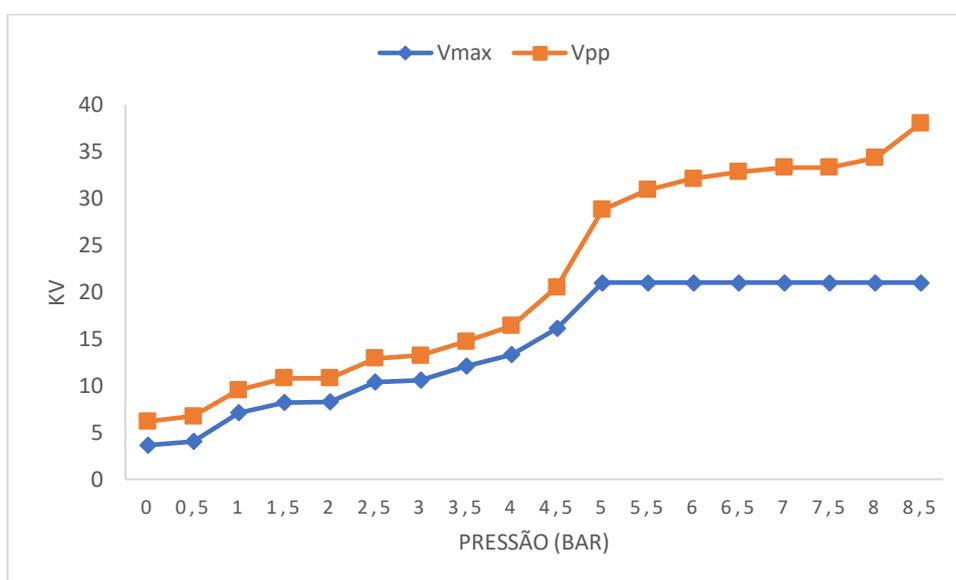
Esses dados coletados foram tabulados em dois gráficos possibilitando uma maior amostragem para comparativos do efeito da pressão interna do cilindro na mudança do dielétrico a ser vencido para geração da centelha. Criamos a centelha utilizando o sinal de um gerador de PWM(modeloHW015) onde pudemos controlar também a frequência, o sinal em forma de onda quadrada com (nível alto 5v) determina o tempo que a bobina ficará energizada (*Dwell time*, ou tempo de permanência), esse sinal chegara ao circuito forçando o chaveamento do transistor que aterrará a bobina enquanto o sinal estiver em nível alto, tempo de 1,75ms, estipulado para primeira coleta de dados, nesse período de tempo em que a corrente flui através do enrolamento primário, o enrolamento primário da bobina estará recebendo uma tensão baixa e uma corrente alta criando uma campo magnético, que também envolve o enrolamento secundário. No momento em que ocorre a mudança para nível baixo, o transistor corta o aterramento da bobina e o campo magnético

colapsa rapidamente em torno de ambos os enrolamentos e isso induz uma alta tensão no enrolamento secundário produzindo a centelha.

A bobina utilizada contém uma indutância de 2,86 mH e uma resistência de 1 ohm no primário da bobina, conforme medição realizada.

O gráfico 1 nos mostra um tempo de carregamento máximo na prática de 1,75 ms. A linha em azul demonstra o Vmax e a laranja em VPP, as informações do eixo 'x' é demonstrado como pressão (Bar) e em 'y' em quilovolts (Kv).

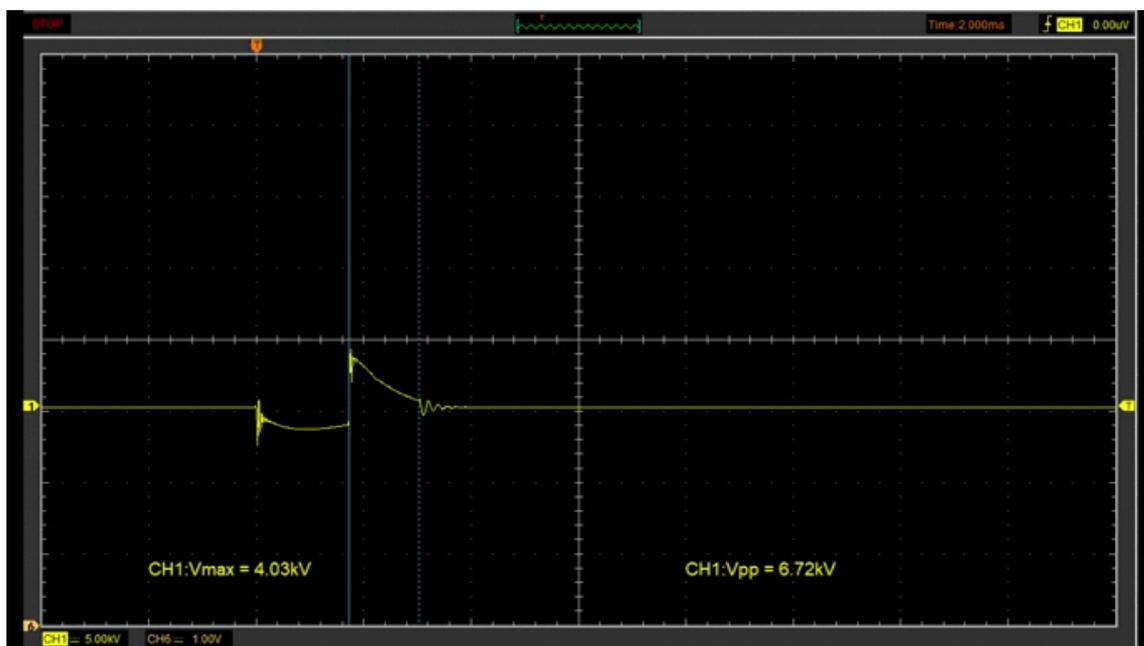
Gráfico 1 – Demonstrativo da pressão em relação a tensão



Fonte: Autoral, 2020

É possível visualizar este sequenciamento na Figura 26.

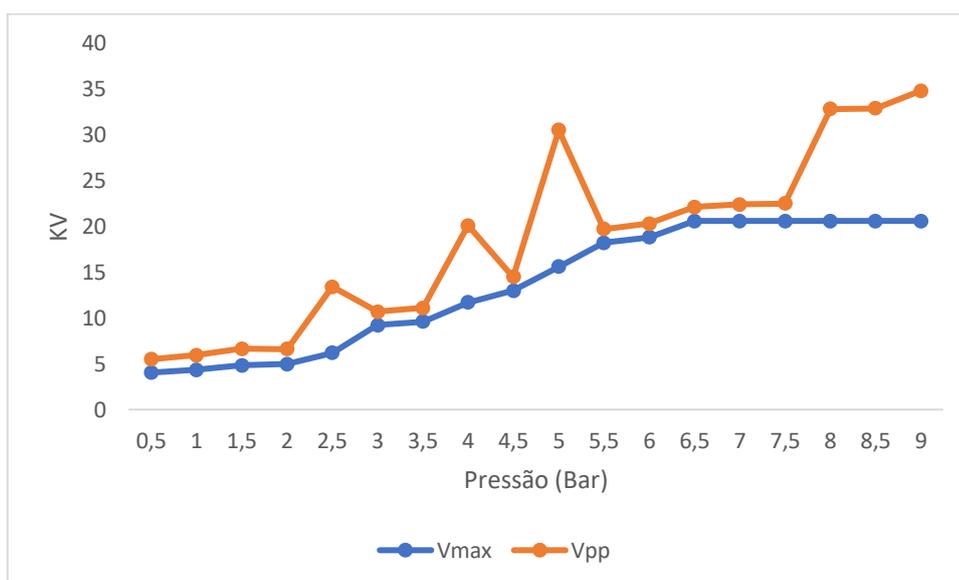
Figura 26 - Foto seqüência do teste utilizando 1,75ms



Fonte: Autoral, 2020

O gráfico 2, nos mostra um tempo de carregamento máximo na prática de 3,34ms.

Gráfico 2 – Demonstrativo da pressão em relação a tensão



Fonte: Autoral, 2020

É possível visualizar este sequenciamento na Figura 27.

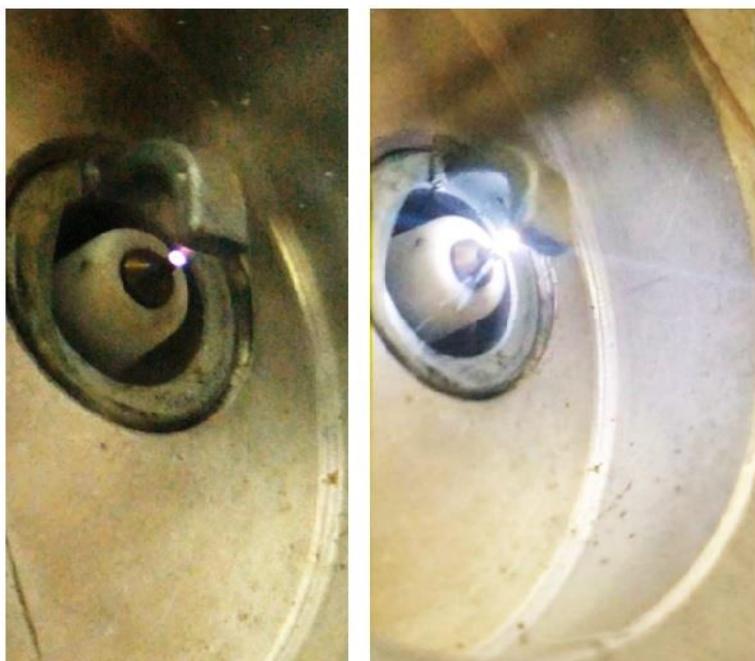
Figura 27 - Foto seqüência do teste utilizando 3,34 ms



Fonte: Autoral, retirado do osciloscópio

Na imagem 28 é possível visualizar a intensidade do centelhamento da vela em mínima e máxima pressão aplicadas ao sistema.

Figura 28 - Centelhamento mínima pressão e máxima pressão.



Fonte: Autoral, 2020

5. CONCLUSÃO

Com a realização desse trabalho pudemos demonstrar de forma prática que para obtermos a combustão perfeita, estequiométrica, além das variáveis mais conhecidas e por muitos já estudadas como a formação da mistura ar combustível, a maior potência imposta as bobinas de ignição, o gerenciamento do avanço de ignição, variadores de fase para comandos de válvulas, precisávamos conhecer melhor influência que a pressão interna do cilindro exerce sobre o dielétrico e conseqüentemente que essa pressão pode alterar de forma significativa a qualidade e potência da centelha, isso posto, acreditamos que com a possibilidade da visualização desse fenômeno, criamos uma ferramenta prática, didática e funcional para que sejam desenvolvidos estudos e experimentos relacionados a diferença da pressão exercida sobre o meio gasoso que será inflamado e a qualidade da centelha de gerada pela quebra do dielétrico. Além disso há uma grande dificuldade com as influências químicas e uma temperatura elevada emitida pela câmara de combustão, um item que ainda a deverá ser desenvolvida para que os testes possam ser mais preciso.

5.1 Propostas futuras

As propostas aqui expostas aparecem no decorrer construção do projeto caso não se leve em conta a premissa do custo baixo e deseje-se ampliar as características do dispositivo. Os pontos para reflexão são:

- Expansão para simular o restante dos sinais dos sensores e/ou a inclusão de teste para atuadores,
- Comunicação USB para notebook ou microcontrolador;
- Comunicação via Labview para controle em tempo real dos parâmetros de leitura principalmente se for utilizado para monitorar o desempenho da bobina.
- Leitura da pressão da câmara utilizando um sensor de pressão absoluta acoplado a tubulação e com a informação de pressão em um display digital.

- Ensaios utilizando uma vela com abertura entre os eletrodos regulável.
- Expansão do estudo das influências químicas e elevação da temperatura na câmara de combustão.

REFERÊNCIA

HOLDEN, Suellen. APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE ELEMENTOS FINITOS PARA MAPEAMENTO DE CAMPOS ELÉTRICOS SOBRE CAVIDADES INTERNAS A ISOLADORES POLIMÉRICOS DE 13.8 KV. Orientador: JOSÉ MAURÍCIO DE BARROS BEZERRA, Doutor. 2013. 80 f. Dissertação (Pós-Graduação) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS, Recife, 2013.

"1ª Lei da Termodinâmica" em *Só Física*. Virtuuous Tecnologia da Informação, 2008-2020. Consultado em 29/09/2020 às 22:08. Disponível na Internet em <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/1leidatermodinamica.php>

"2ª Lei da Termodinâmica" em *Só Física*. Virtuuous Tecnologia da Informação, 2008-2020. Consultado em 29/09/2020 às 22:10. Disponível na Internet em <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/2leidatermodinamica.php>

Frota de Veículos – 2019 Disponível: [Frota de Veículos - 2019 — Português \(Brasil\) \(www.gov.br\)](http://www.gov.br) – Acesso 16/12/2020

EMPRESÔMETRO INTELIGENCIA DE MERCADO. FROTA BRASILEIRA DE VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO. Disponível em: http://www.automotivebusiness.com.br/abinteligencia/pdf/estudo_frota_completo.pdf, Acesso em: 1- nov.2020.

BOM PREÇO AUTO PEÇAS. Problemas na Bobina de Ignição. Disponível em: <https://www.bomprecopecas.com.br/blog/bobina-de-ignicao-com-defeito-confira-os-sintomas/#:~:text=Principais%20sintomas%20de%20defeito%20na%20bobina%20de%20igni%C3%A7%C3%A3o&text=Um%20dos%20primeiros%20sintomas%20de,pr eto%20e%20cheiro%20da%20gasolina>. Acesso em: 10 nov.2020

SILI, E.; KOLIATENE, F.; CAMBRONNE, J. P.; 2011. Pressure and Temperature effects on the Paschen curve. In: Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena – CEIDP, pp.464-467.

MORSHUIS, P. H. F. Partial Discharge Mechanisms. Netherlands, 1993. PhD Thesis in Electrical Engineering. Delft University. MORSHUIS, P. H. F.; 1995. Assessment of Dielectric Degradation by Ultrawide-band PD Detection. IEEE TDEI, v. 2, n. 5, p. 744-760, Oct. 1995.

BOSCH, Robert; Manual de Tecnologia Automotiva. Editora Edgard Blücher, 2005.

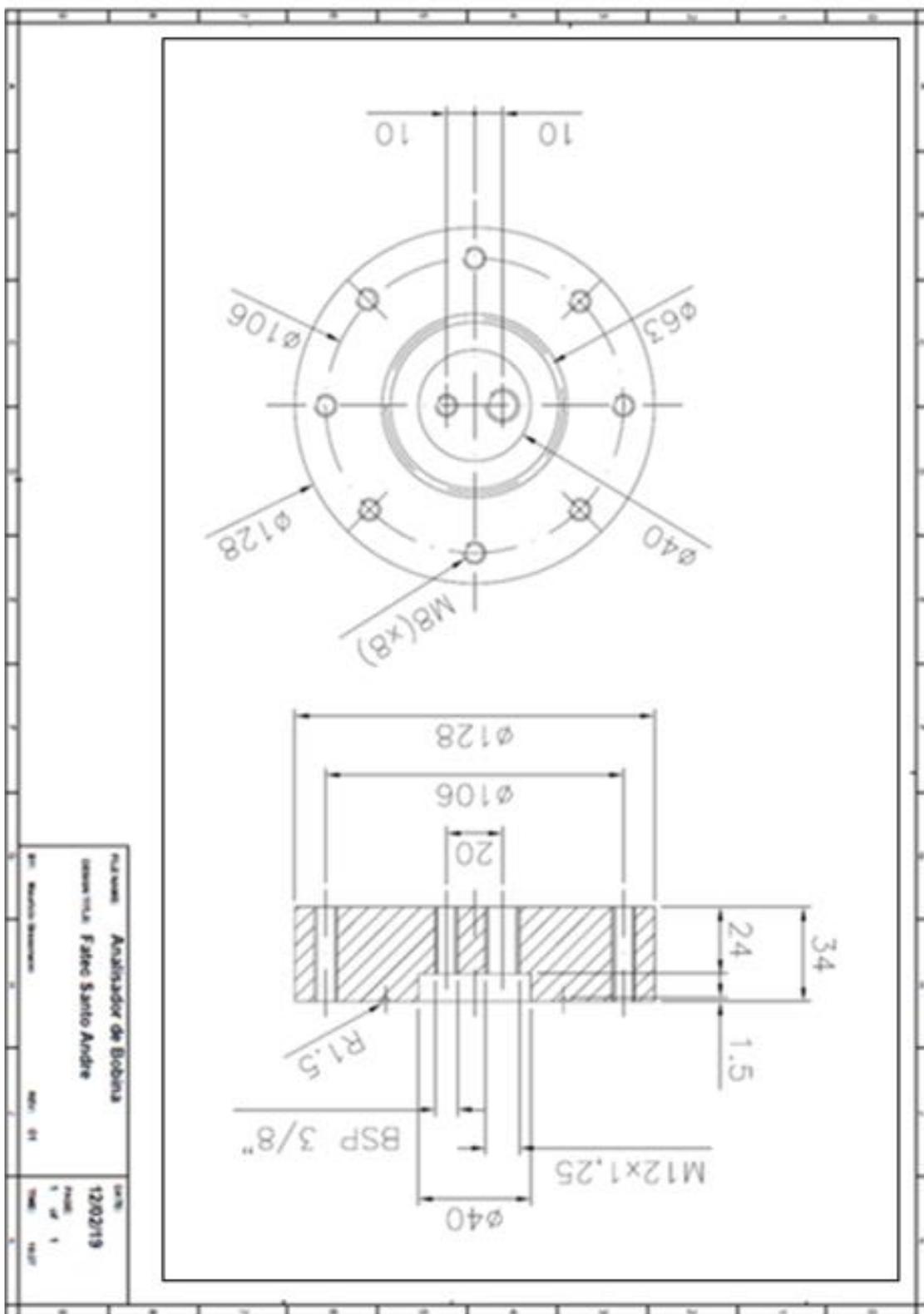
BRAGA, Gabriel. Teixeira. Uma Contribuição ao Controle de Motores de Combustão Interna de Ignição por Centelha na Condição de Marcha Lenta. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica - UFMG. Belo Horizonte - MG. 2007, 130p.

CÂMARA, Júlio César Chaves; Monitoramento Eletrônico da Mistura Ar/Combustível em Motores de Combustão Interna Ciclo Otto, Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da UFBA, Salvador – BA. 2006.

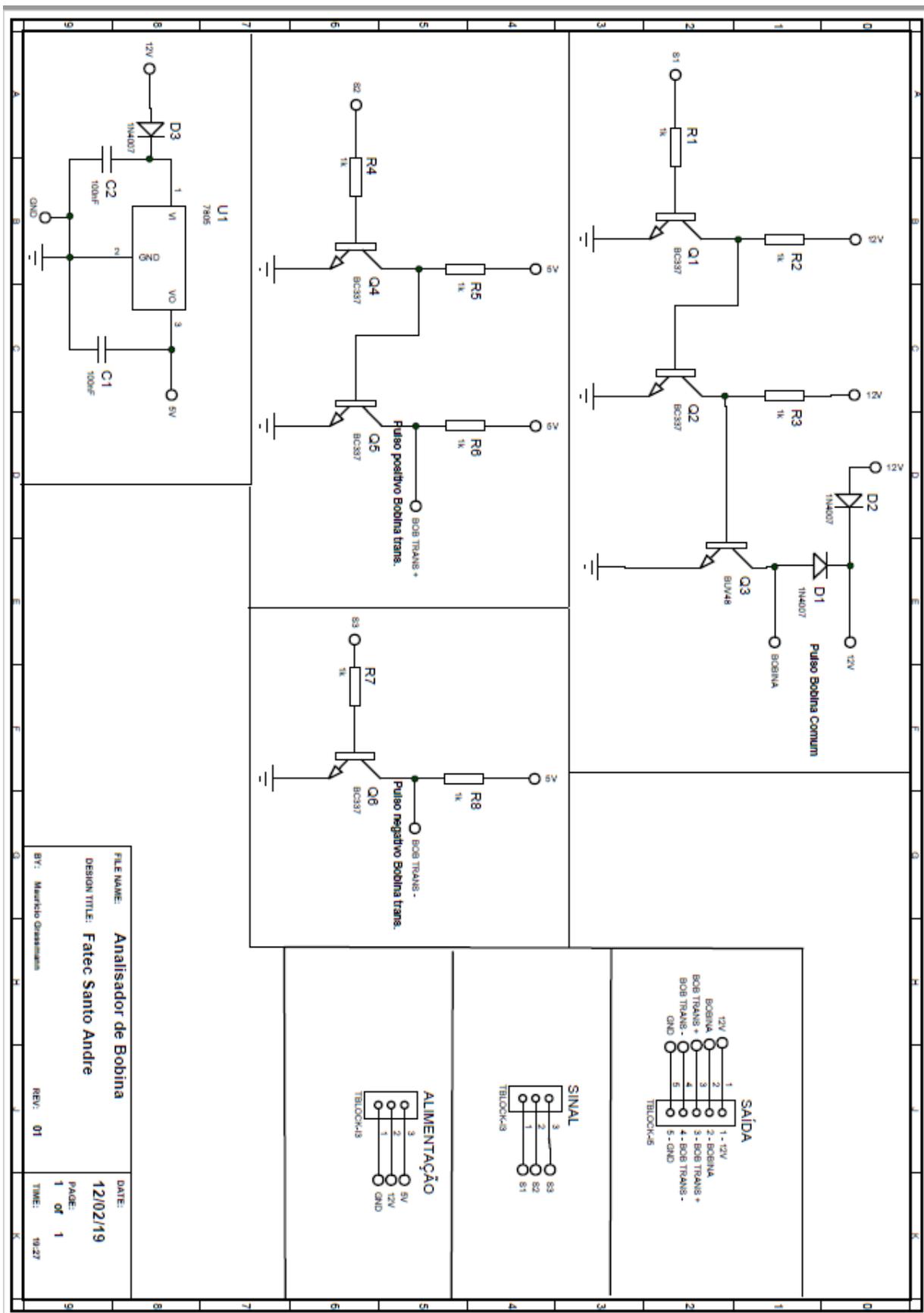
Silva, Suelen Holder de Morais e. Aplicação de técnicas de elementos finitos para mapeamento de campos elétricos sobre cavidades internas a isoladores poliméricos de 13.8 KV / Suelen Holder de Morais e Silva. - Recife: O Autor, 2013.

ANEXOS

I. ANEXO - Desenho Câmara Pressurizada

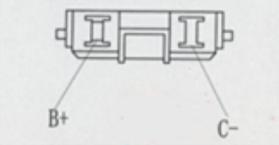
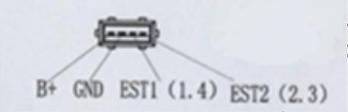
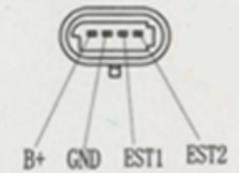
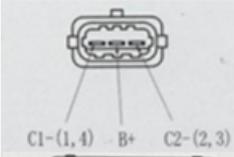
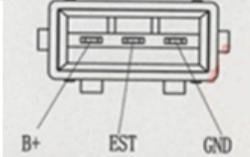
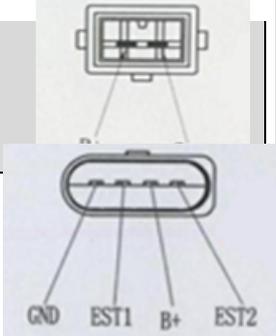


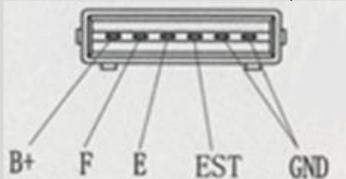
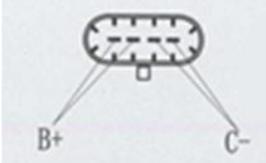
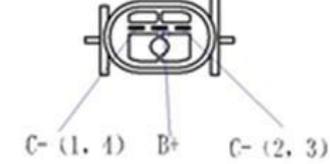
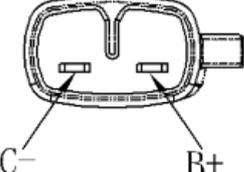
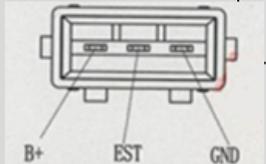
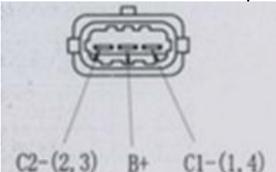
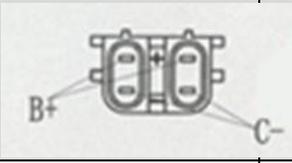
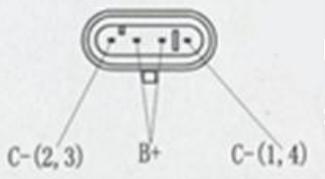
II. ANEXO – Diagrama do Simulador de Sinais

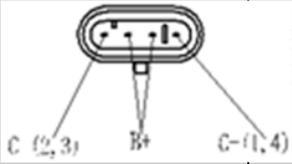
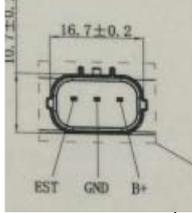
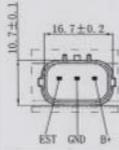
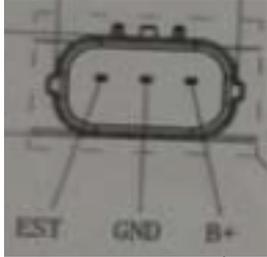
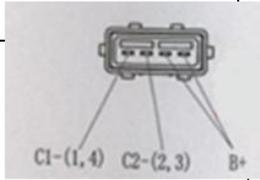
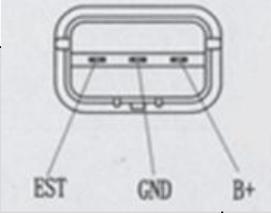
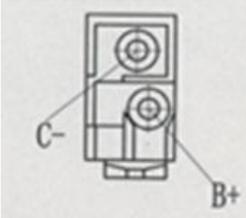


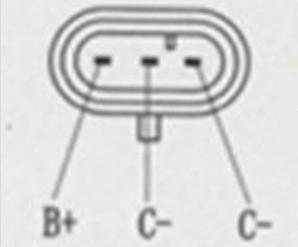
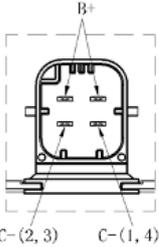
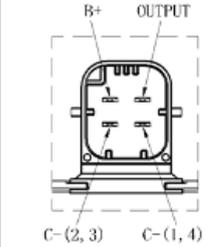
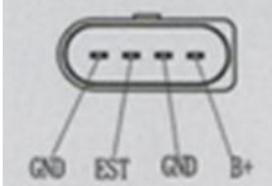
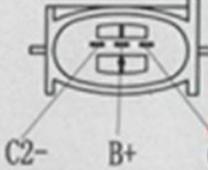
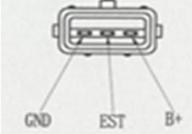
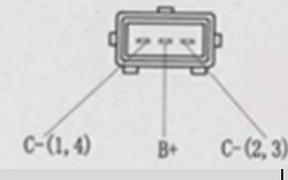
FILE NAME: **Analisador de Bobina**
 DESIGN TITLE: **Fatec Santo Andre**
 BY: **Marcilio Grossmann**
 REV: **01**
 DATE: **12/02/19**
 PAGE: **1 of 1**
 TIME: **10:27**

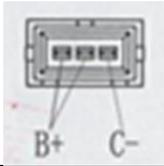
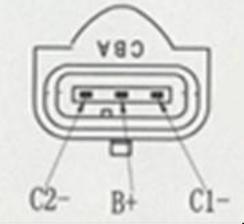
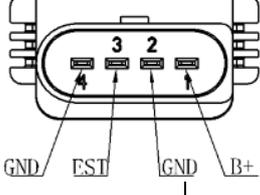
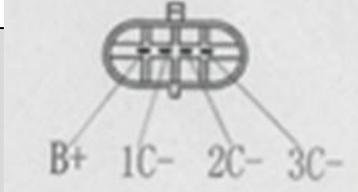
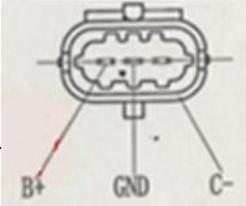
III. Lista de Bobinas Compatíveis com o Simulador

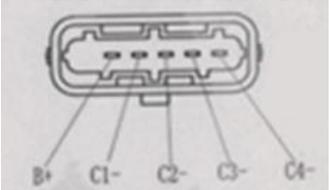
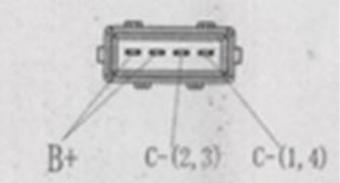
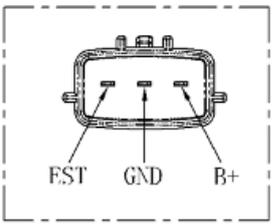
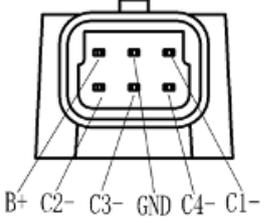
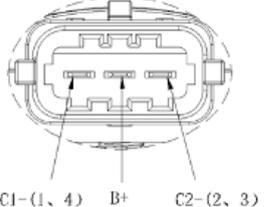
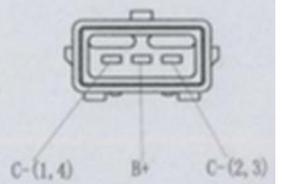
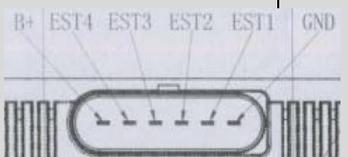
CÓDIGOS	PRIMÁRIO (Ω)	SECUNDARIO (k Ω)	TENSÃO (KV)	PINOUT	APLICAÇÃO
BOSCH F000ZS0111 MARELLI BI0011MM GM 90449739	0.65 Ω \pm 15%	7.3K Ω \pm 15%			GM-CORSA EFI
BOSCH F000ZS9200 MARELLI BI0012MM GM 01 103 905		7.9K Ω (7.1-8.7)			CORSA
MARELLI BI0013MM GM 1104038		4.9K Ω \pm 15%			GM CORSA
BOSCH F000ZS0206 MARELLI BI0014MM FIAT 46752948	0.55 Ω \pm 15%	9.5K Ω \pm 15%			FIAT 1.4 FIRE
BOSCH 0221601003 MARELLI BI0015MM VW 6N0905104	0.55 Ω \pm 15%	4.4K Ω \pm 15%			AUDI/VW
BOSCH F000ZS0105 MARELLI BI0016MM VW 377905105D	0.47 Ω \pm 15%	7.4K Ω \pm 15%			VW
BOSCH F000ZS0210 MARELLI BI0017MM VW 032 905 106 E		5.7K Ω (4.85-6.5)			VW

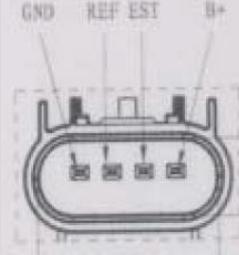
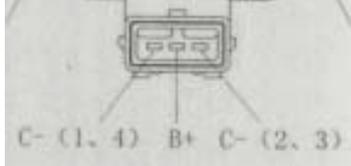
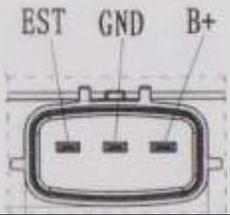
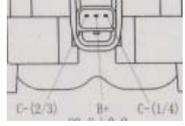
BOSCH 0986221002 MARELLI BI0018MM VW 701905104A	$0.55 \Omega \pm 15\%$	$4.4 \Omega \pm 15\%$	 RD/VW
BOSCH 0986221027 MARELLI BI0019MM FIAT 7663177	$0.43 \Omega \pm 15\%$	$7.5K \Omega \pm 15\%$	 TEMPRA
MARELLI BI0020MM FORD A988F- 12029AD	$0.55 \Omega \pm 10\%$	$11.3K \Omega \pm 10\%$	 RD CAM
BOSCH 0986221045 MARELLI BI0021MM RENAULT 7700875000	$0.52 \Omega \pm 15\%$	$10.0K \Omega \pm 15\%$	 VAULT 16V
BOSCH 221503407 MARELLI BI0022MM FIAT 7648797	$0.50 \Omega \pm 15\%$	$13.4K \Omega \pm 15\%$	 IAT/VW
BOSCH F000ZS020 4 MARELLI BI0023MM GM 93248876	$0.54 \Omega \pm 15\%$	$9.5K \Omega \pm 15\%$	 M ASTRA
BOSCH 9220081509 MARELLI BI0024MM GM 93 230 798	$0.54 \Omega \pm 15\%$	$9.8K \Omega \pm 15\%$	 M ADETT
BOSCH 0986221036 MARELLI BI0025MM RENAULT 8200084401	$0.34 \Omega \pm 15\%$	$9.2K \Omega \pm 15\%$	 NAULT 16V S

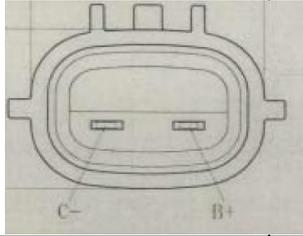
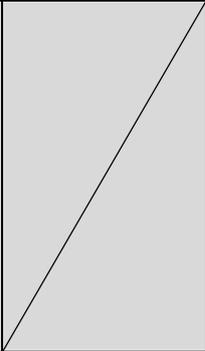
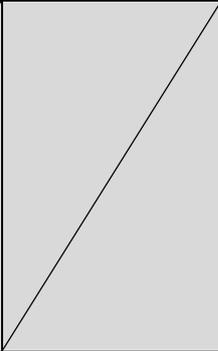
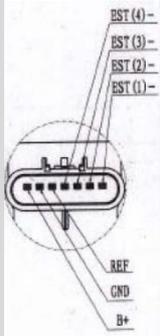
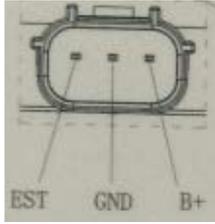
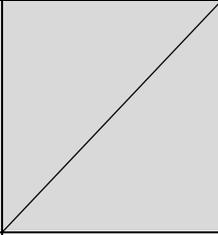
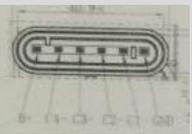
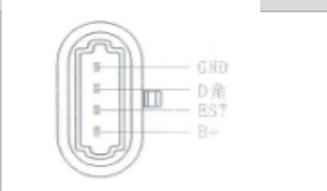
<p>MARELLI BI0026MM RENAULT 8200360911</p>	<p>0.34 Ω ±15%</p>	<p>9.2K Ω ±15%</p>			<p>RENAULT 16V EX</p>
<p>MARELLI BI0027MM HONDA 30521-PWA-003</p>	/	/	<p>≥ 32KV</p>		<p>HONDA FIT TRAZEIRA</p>
<p>MARELLI BI0028MM HONDA 30520-PWA-003</p>	/	/	<p>≥ 32KV</p>		<p>HONDA FIT DIANTEIRA</p>
<p>MARELLI BI0029MM HONDA 30520-PWC-003</p>	/	/	<p>≥ 32KV</p>		<p>HONDA FIT 5</p>
<p>MARELLI BI0031MM PSA 9636337880</p>	<p>0.52 Ω ±15%</p>	<p>15.2K Ω ±15%</p>			<p>CITROEN 1.6 16V FLEX</p>
<p>MARELLI BI0032MM MITSUBISHI MD362907</p>	/	<p>13.0K Ω ±15%</p>			<p>MITSUBISHI TR4</p>
<p>MARELLI BI0033MM HONDA 30510-PT2-006</p>	<p>0.63 Ω ±15%</p>	<p>18K Ω ±15%</p>			<p>HONDA</p>

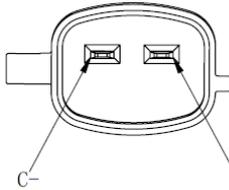
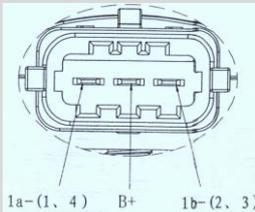
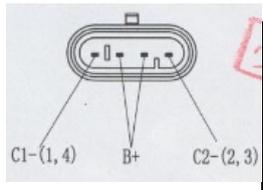
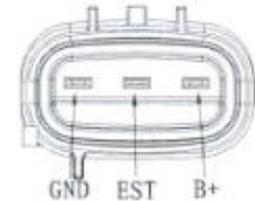
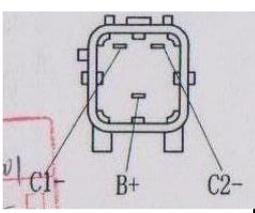
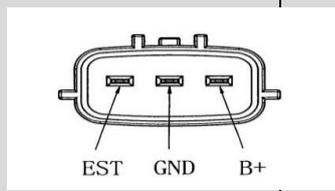
<p>MARELLI BI0034MM GM 10489421</p>	<p>0.31 Ω ±15%</p>	<p>7.7K Ω ±15%</p>			<p>AZER</p>
<p>BI0035MM 597074 - 9628158580</p>	<p>0.49 Ω ±15%</p>	<p>3.5K Ω ±15%</p>			<p>CITROEN 1.4 8V (CONECTOR PRETO)</p>
<p>MARELLI BI0036MM PSA 9335864980</p>	<p>0.49 Ω ±15%</p>	<p>3.5K Ω ±15%</p>			<p>CITROEN 1.4 8V (CONECTOR CINZA)</p>
<p>MARELLI BI0037MM VW 06B905105</p>	/	/	<p>≥ 29KV</p>		<p>AUDI/VW</p>
<p>MARELLI BI0038MM FORD 928F12029 CA</p>	<p>0.50 Ω ±15%</p>	<p>13.4K Ω ±15%</p>			<p>ORD NDURA</p>
<p>MARELLI BI0039MM VW 377905105B</p>	/	/	<p>≥ 33KV</p>		<p>VW</p>
<p>BOSCH 0986MG230 1 MARELLI BI0040MM GM 01 104 038</p>	<p>0.5 Ω ±15%</p>	<p>5.5K Ω ±15%</p>			<p>FIAT</p>

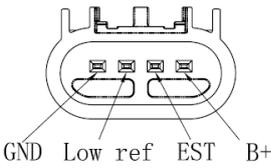
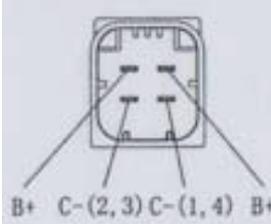
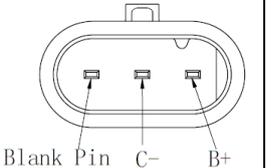
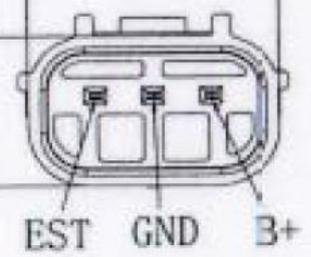
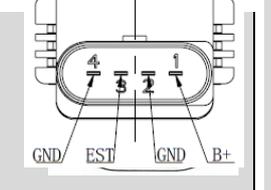
<p>MARELLI BI0041MM RENAULT 7700107269</p>	<p>0.67 Ω ±10%</p>	<p>7.0K Ω ±10%</p>			<p>RENAULT</p>
<p>BOSCH 986MG2301 MARELLI BI0042MM GM 93363483</p>	<p>0.46 Ω ± 15%</p>	<p>5K Ω ±15%</p>			
<p>BOSCH 0986221024 MARELLI BI0043MM VW 06B905115 H/J/N</p>	<p style="text-align: center;">/</p>	<p style="text-align: center;">/</p>	<p>≥ 33KV</p>		
<p>BOSCH 0986221024 MARELLI BI0044MM BMW 1213755126 0</p>			<p>0.505 Ω ±15%</p>		
<p>MARELLI BI0049MM RENAULT 7700274008</p>	<p>0.52 Ω ±15%</p>	<p>7.7K Ω ±15%</p>			
<p>MARELLI BI0050MM FORD 90TF- 12029-A1A</p>	<p>0.52 Ω ±10%</p>	<p>12.7K Ω ±10%</p>			
<p>MARELLI BI0051MM TOYOTA 90919 02239</p>	<p style="text-align: center;">/</p>	<p style="text-align: center;">/</p>	<p>≥ 32KV</p>		

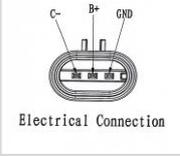
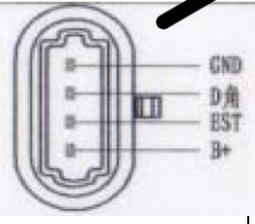
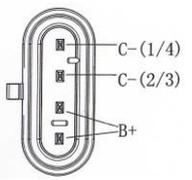
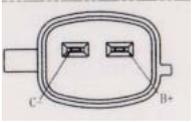
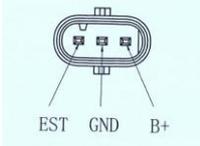
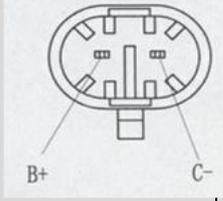
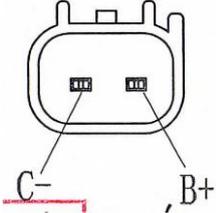
<p>BOSCH 0221503033 MARELLI BI0053MM MB 0001501380</p>	<p>0.4 Ω ±10%</p>	<p>8.8K Ω ±10%</p>		
<p>MARELLI BI0055MM PSA 2526119A</p>	<p>0.55 Ω ±15%</p>	<p>10.8K Ω ±15%</p>		
<p>BOSCH 0221604112 MARELLI BI0056MM GM 12629037</p>				
<p>BOSCH 0986221039 MARELLI BI0057MM FIAT 47945104</p>	<p>0.65 Ω (0.59-0.71)</p>	/		 <p>AT /GM 8 16V</p>
<p>BOSCH F000ZS023 5 MARELLI BI0058MM FIAT 55230507</p>	<p>0.50 Ω ±15%</p>	<p>8.3K Ω ±15%</p>		
<p>BOSCH F000ZS021 3 MARELLI BI0059MM VW 026905105</p>	<p>0.54 Ω ±15%</p>	<p>9.5K Ω ±15%</p>		
<p>BOSCH 0986221049 MARELLI BI0060MM VW 06A905097</p>	/	/	<p>≥ 32KV</p>	

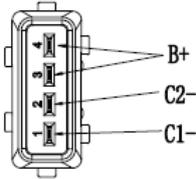
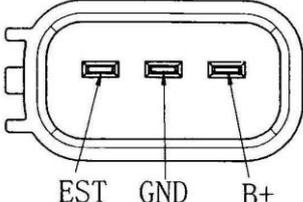
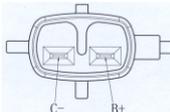
MARELLI BI0067MM GM 94702536		5.5K Ω \pm 15%			
MARELLI BI0068MM GM 12638824			\geq 32KV		
BOSCH 0221503001 MARELLI BI0069MM GM 90449572	0.52 Ω \pm 15%	11.3 K Ω \pm 15%			
MARELLI BI0070MM FIAT 46473849			\geq 30KV		
BOSCH 0221503485 MARELLI BI0071MM FORD 4M5G12029 ZA	0.46 Ω \pm 10%	8.1 K Ω \pm 10%			
MARELLI BI0072MM VW 030905110B			\geq 32KV		

<p>MARELLI BI0073MM HYUNDAI 27300- 3F100</p>	<p>0.68 Ω ±10%</p>	<p>7.8 KΩ ±10%</p>			
<p>MARELLI BI0074MM GM 55561655</p>			<p>≥ 34KV</p>		
<p>MARELLI BI0075MM HONDA 30520-RBO- 003</p>			<p>≥ 32KV</p>		
<p>MARELLI BI0076MM FIAT 55228006</p>	<p>0.55 Ω ±15%</p>				<p>UNO EVO 1.4</p>
<p>MARELLI BI0077MM GM 12570616</p>			<p>32KV</p>		<p>ONIX</p>
<p>MARELLI BI0078MM VW 04E905110 B/K</p>			<p>33KV</p>		<p>VW/AUDI</p>

MARELLI BI0079MM HYUNDAI 27301- 04000	0.75KΩ±0,1Ω	6 KΩ± 1 KΩ			YUNDAI B20 1.0
MARELLI BI0088MM			\geq 31KV		HONDA CIVIC
MARELLI BI0100MM FORD CM5G12029 F	0.55 Ω ±10%	11.3 K Ω ±10%			ROVCAM2 012>
MARELLI BI0101MM FIAT 55229930	0.50 Ω ±15%	8.3K Ω ±15%			FIAT EVO 1.0
MARELLI BI0102MM RENAULT 8200702693	0.5 Ω (0.32- 0.38)	4.5 K Ω (4.2- 4.8)			CLIO FLEX S;/CABO
MARELLI BI0103MM TOYOTA 90919- 02263			\geq 33KV		ETIOS
MARELLI BI0104MM HYUNDAI 27301- 23900	0.55(0.46- 0.61) Ω	8.09(7.28- 8.89) K Ω			TUCSON
BI0105MM 22448- JA00C			\geq 36KV		INA 1.8

<p>BI0107MM 12500990</p>	/	/	\geq 33KV	 <p>CAPTIVA</p>
<p>MARELLI BI0111MM PSA 9634131480</p>	$0.552 \Omega \pm 10\%$	$14.82 \Omega \pm 10\%$		
<p>MARELLI BI0113MM CHRYSLER 04606824A B</p>	$0.60 \Omega \pm 15\%$			
<p>MARELLI BI0114MM TOYOTA 90919- 02258</p>	/	/	\geq 31KV	
<p>MARELLI BI0115MM</p>			\geq 33KV	
<p>MARELLI BI0116MM</p>	/	/	\geq 33KV	
<p>MARELLI BI0117MM</p>	$0.56 \Omega \pm 10\%$	/		

MARELLI BI0118MM	$0.56 \Omega \pm 10\%$			 Electrical Connection
MARELLI BI0119MM			$\geq 32KV$	
MARELLI BI0120MM	$0.601 \pm 10\% \Omega$	$7.4 \pm 10\% K \Omega$		
MARELLI BI0121MM	$0.79 \Omega \pm 10\%$	$5.9K \Omega \pm 10\%$		
MARELLI BI0130MM			$\geq 38KV$	
MARELLI 0780002010	$0.48 \Omega \pm 10\%$	$7.0K \Omega \pm 10\%$	New	
MARELLI BI0136MM FORD 9E5E- 12A366-AA	$0.43 \pm 15\%$	$6.2 \pm 20\% K \Omega$		

<p>MARELLI BI0135MM CHERY A11370511 EA</p>	<p>0,56 ± 15%</p>	<p>8,37KΩ ± 15%</p>			
<p>MARELLI BI0140MM HONDA 30520-PGK- A01</p>	<p style="text-align: center;">/</p>	<p style="text-align: center;">/</p>	<p style="text-align: center;">≥ 34KV</p>		
<p>MARELLI BI0144MM HYUNDAI 27301- 3C000</p>	<p>0,68 ± 15%</p>	<p>7,8KΩ ± 15%</p>			

IV. Datasheet do transistor L78xx utilizado para modificação do circuito



L78xx
L78xxC

Positive voltage regulators

Features

- Output current to 1.5 A
- Output voltages of 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 20; 24 V
- Thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transition SOA protection

Description

The L78xx series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1 A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

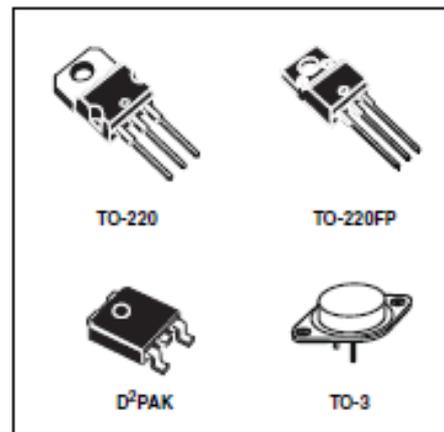


Table 1. Device summary

Order codes	
L7805	L7810C
L7805C	L7812C
L7852C	L7815C
L7806C	L7818C
L7808C	L7820C
L7885C	L7824C
L7809C	

V. Datasheet do transistor BD135 utilizado para modificação do circuito

SavantIC Semiconductor

Product Specification

Silicon NPN Power Transistors

BUV48C

DESCRIPTION

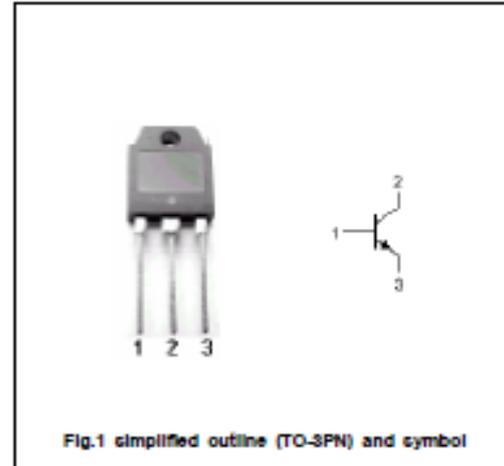
- With TO-3PN package.
- High voltage.
- Fast switching speed.

APPLICATIONS

- Linear and switching Industrial equipment.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	Base
2	Collector,connected to mounting base
3	Emitter



Absolute maximum ratings (Ta=25°C)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
V _{CB0}	Collector-base voltage	Open emitter	1200	V
V _{CE0}	Collector-emitter voltage	Open base	700	V
V _{EB0}	Emitter-base voltage	Open collector	7	V
I _C	Collector current		15	A
I _{CM}	Collector current -peak	t _p <5ms	30	A
I _B	Base current		4	A
I _{BM}	Base current-peak	t _p <5ms	20	A
P _C	Collector power dissipation	T _C =25°C	125	W
T _J	Junction temperature		150	°C
T _{stg}	Storage temperature		-65~150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	MAX	UNIT
R _{th(j-case)}	Thermal resistance junction case	1.0	°C/W

VI. Relatório CopySpider



Relatório gerado por: alana_ssantos@hotmail.com

Arquivos	Termos comuns	Similaridade
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://www.ufpe.br/documents/39830/1359036/244_SuelenRodrigues/9c41ab71-e5cc-481b-b2c2-636dcc301e31	90	1,25
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://www.bomprecopecas.com.br/blog/bobina-de-ignicao-com-defeito-confira-os-sintomas	96	0,84
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/2leidatermodinamica.php	44	0,74
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/1leidatermodinamica.php	27	0,47
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X http://macbeth.if.usp.br/~gusev/AnaliseCircuitos.pdf	44	0,45
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/termologia.htm	30	0,36
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/como-calcular-a-validade-do-seu-produto	14	0,19
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4	10	0,14
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://pt.wikipedia.org/wiki/Gases_do_efeito_estufa	5	0,07
TCC -ANALISADOR DE BOBIBAS V.2020 (1).docx X https://normas-abnt.espm.br/index.php?title=Figuras	1	0,01