

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

**ALEX RICHARD DA SILVA  
RENAN DO NASCIMENTO FELIX**

**MÉTODOS DE CAPTAÇÃO DE ROTAÇÃO  
PARA ANALISADORES DE GASES**

Santo André – São Paulo  
2014

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

**ALEX RICHARD DA SILVA**  
**RENAN DO NASCIMENTO FELIX**

**MÉTODOS DE CAPTAÇÃO DE ROTAÇÃO**  
**PARA ANALISADORES DE GASES**

*Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva da FATEC Santo André, como requisito parcial para conclusão do curso em Tecnologia em Eletrônica Automotiva.*

*Orientador: Prof. Msc. Paulo Tetsuo Hoashi*

Santo André – São Paulo  
2014

## LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 10 de dezembro de 2014.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "MÉTODOS DE CAPTAÇÃO DE ROTAÇÃO PARA ANÁLISE DE GASES" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. MSC PAULO TETSUO HOASHI



MEMBROS:

PROF. MARCO AURÉLIO FROES



ENGº ALLAN ROBERTO MOITO



ALUNO:

ALEX RICHARD DA SILVA



RENAN DO NASCIMENTO FELIX



CUTER (Biblioteca FATEC)

Silva, Alex Richard

Métodos de captação de rotação para analisadores de gases / Alex Richard da Silva, Renan do Nascimento Felix. - Santo André, 2014 – 87f. il

Trabalho de conclusão de curso – FATEC - Santo André.  
Curso de Eletrônica Automotiva, 2014.

Orientador: Paulo Tetsuo Hoashi

1. Captação de rotação 2. Máquinas de análise de gases 3. Pinça Indutiva 4. Motores Ciclo Otto I. Felix, Renan do Nascimento

CDD (Biblioteca FATEC)

Dedico este trabalho aos amigos e familiares que estiveram envolvidos e sempre nos apoiaram nesta longa jornada.

*“Muitos dos fracassos ocorrem com as  
pessoas que não reconheceram o quão  
próximas elas estavam do sucesso quando  
desistiram.”*

*Thomas Alva Edison*

## RESUMO

Os equipamentos utilizados para análise dos gases de escape provenientes de veículos que utilizam motores de ciclo Otto, para que possam efetuar as leituras de acordo com as exigências da legislação, necessitam da informação da rotação do motor, que pode ser mensurada de diversas formas. A dificuldade dessa “leitura” pode retardar ou até impedir a realização da correta análise.

Vale ressaltar também, que atualmente, esses equipamentos, que são utilizados tanto em oficinas quanto em centros de inspeção, possuem muitos componentes importados. Estes produtos impactam negativamente no orçamento dos reparadores autônomos e dos centros de inspeção, já que a carga fiscal imposta a estes produtos é muito elevada.

Portanto, o principal motivo desta pesquisa é aumentar a eficácia do processo de análise de gases, melhorando a captação da rotação e as possibilidades de leitura. A proposta é criar uma ferramenta com tecnologia nacional e baixo custo para a captação de rotação em veículos propulsionados a motores de combustão interna, por meio dos cabos de vela e dos sinais dos sistemas de injeção e ignição, que seja utilizável nas diferentes configurações construtivas destes motores e nas diferentes máquinas de análise de gases existentes no mercado nacional.

Palavras-Chave: Captação de Rotação, Máquinas de Análise de Gases, Pinça indutiva, Motores Ciclo Otto.

## **ABSTRACT**

The equipment used for smog check in vehicles using Otto engines require the exact readings of the RPM (revolutions per minute) in order to provide the results in accordance to the current Legislation. The improper reading of the RPM can delay or mislead to incorrect results.

It is also important to mention that such equipment, which are used both in workshops and in inspections centers, have many imported components. Unfortunately, these items have high importation fees and taxes, negatively impacting on the budget of independent workshops and inspections centers.

Therefore, the main reason of this research is to increase the efficiency of the gas analysis process, improving RPM readings in order to reach a better overall result. The proposal is to create a low cost tool with national technology to read the RPM of internal combustion engines through spark plugs wires and the signal from fuel injection and ignition system. This tool will be able to work with different types of engines and gas analyzers existing in our national market.

Keywords: Capture of Rotation, Gas Analyzers Machines, Inductive clamp, Engines Otto Cycle.

# LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1- Ciclo de trabalho de um motor ciclo Otto – [Extraído de MILHOR (2002), p. 4, fig. 1] .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 17 |
| Figura 2 - Injetores (Extraído de PUJATTI, 2007, p. 35).....                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 17 |
| Figura 3- Posicionamento da válvula injetora no sistema multiponto (Em <<br><a href="http://sistemasautomotivos.blogspot.com/2009/01/bico-injetor.html">http://sistemasautomotivos.blogspot.com/2009/01/bico-injetor.html</a> > Acesso em: 26 de abril de 2011) .....                                                                                    | 18 |
| Figura 4 - Sistema de ignição mecânico (disponível em <Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição> acesso em 26 de abril de 2011).....                                                                                                                                                                                                                   | 21 |
| Figura 5– Carga e descarga da bobina (disponível em <Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição> acesso em 26 de abril de 2011).....                                                                                                                                                                                                                     | 22 |
| Figura 6 - Circuito da bobina de ignição convencional (extraído de PUJATTI, 2007, p. 51) .....                                                                                                                                                                                                                                                           | 23 |
| Figura 7- Bobina de ignição em corte (disponível em <Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição> acesso em 26 de abril de 2011).....                                                                                                                                                                                                                     | 23 |
| Figura 8- Cabo de vela (extraído de <Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição> acesso em 26 de abril de 2011) .....                                                                                                                                                                                                                                    | 24 |
| Figura 9 - Vela de ignição (Extraído de < <a href="http://carros.hsw.uol.com.br/sistema-de-ignicao-de-um-automovel.htm">http://carros.hsw.uol.com.br/sistema-de-ignicao-de-um-automovel.htm</a> > acesso em 26 de abril de 2011) .....                                                                                                                   | 24 |
| Figura 10 - Interferência Eletromagnética (extraído de, BELTRAME, 2010, p.3) .....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 30 |
| Figura 11 - Eletromagnetismo no Projeto de um veículo (Extraído de CARDIA, 2011, p.17) .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 33 |
| Figura 12 - Formação do diodo (Extraído de <<br><a href="http://elee.ist.utl.pt/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaiques/Cellule/Analogie/PN.htm">http://elee.ist.utl.pt/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaiques/Cellule/Analogie/PN.htm</a> > acesso em 06 de outubro de 2014) ..... | 34 |
| Figura 13 - Diodo em polarização direta .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 35 |
| Figura 14 - Diodo em polarização Inversa .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 35 |
| Figura 15 - Polarização e circuito equivalente (Extraído de <<br><a href="http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---diodo-semicondutor.pdf">http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---diodo-semicondutor.pdf</a> > acesso em 6 de outubro de 2014).....                                          | 36 |
| Figura 16 - Curva característica do diodo (Extraído de <<br><a href="http://www.li.facens.br/~machado/lxo/materiais/Exp9.pdf">http://www.li.facens.br/~machado/lxo/materiais/Exp9.pdf</a> > acesso em 18 de novembro de 2014).....                                                                                                                       | 36 |
| Figura 17 - LED (Extraído de < <a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/%2B-_of_Led.svg">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/%2B-_of_Led.svg</a> > acesso em 6 de outubro de 2014).....                                                                                                                                | 37 |
| Figura 18 - Simbologia capacitores (Extraído de < <a href="http://ivairsouza.com/capacitor1-site.html">http://ivairsouza.com/capacitor1-site.html</a> > acesso em 6 de outubro de 2014) .....                                                                                                                                                            | 38 |
| Figura 19 - Carga do Capacitor com interruptor.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 38 |
| Figura 20 - Carga do Capacitor - Circuito RC.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 38 |
| Figura 21 - Descarga do Capacitor - Circuito RC .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 39 |
| Figura 22 - Curvas de Carga e Descarga do capacitor (Extraído de < <a href="http://ivairsouza.com/capacitor1-site.html">http://ivairsouza.com/capacitor1-site.html</a> > acesso em 6 de outubro de 2014).....                                                                                                                                            | 40 |
| Figura 23 - Simbologia de um indutor.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 41 |
| Figura 24 - Técnico da CONTROLAR instalando a sonda para a leitura dos gases (Extraído de <<br><a href="http://www.sempretops.com/informacao/controlar-inspecao-veicular-2012-inscricoes/">http://www.sempretops.com/informacao/controlar-inspecao-veicular-2012-inscricoes/</a> > acesso em 28 de maio de 2014).....                                    | 44 |
| Figura 25 - Sonda de temperatura do óleo do motor (Extraído de <<br><a href="http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id_product=607">http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id_product=607</a> > acesso em 28 de maio de 2014).....                                                                                                                   | 45 |
| Figura 26 - Sensor infravermelho para a medição de temperatura (Extraído de <<br><a href="http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id_product=607">http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id_product=607</a> > acesso em 28 de maio de 2014).....                                                                                                      | 45 |
| Figura 27 - Pinça indutiva instalada no cabo de vela número 1 .....                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 46 |
| Figura 1 - Sinal ideal para a medição da rotação .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 48 |
| Figura 29 - Medição de rotação instável .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 53 |
| Figura 30 - Tentativa de blindagem - Somente cabo de vela.....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 54 |
| Figura 31 - Tentativa de blindagem - Pinça + Cabo de vela.....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 54 |
| Figura 32 – Comparativo entre posicionamentos da Pinça indutiva – (A) Posicionamento inadequado (B) Pinça melhor posicionada.....                                                                                                                                                                                                                        | 55 |
| Figura 33 – Comparação entre sinais captados antes e depois do reposicionamento da pinça – (A) Pinça posicionada próxima aos demais cabos (B) Após a correção do posicionamento .....                                                                                                                                                                    | 55 |
| Figura 34 - Rotação medida pelo multímetro .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 56 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 35 - Perda do sinal de rotação .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 56 |
| Figura 36 - Sinal de rotação - Período sem problema.....                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 58 |
| Figura 37 - Comparação do sinal ideal (C) com o sinal real (D).....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 59 |
| Figura 38 - Circuito de retificação de onda completa.....                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 59 |
| Figura 39 - Onda senoidal alternada (Extraído de < <a href="http://naciencias.blogspot.com.br/2010/11/eletroquimica.html">http://naciencias.blogspot.com.br/2010/11/eletroquimica.html</a><br>> em 4 de novembro de 2014).....                                                                                                                 | 60 |
| Figura 40 - Funcionamento do circuito retificador de onda senoidal no 1º sentido.....                                                                                                                                                                                                                                                          | 60 |
| Figura 41 - Funcionamento do circuito retificador de onda senoidal no 2º Sentido.....                                                                                                                                                                                                                                                          | 61 |
| Figura 42 - Forma de onda da tensão CC de saída após o Retificador de Onda Completa (Em<br>< <a href="http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/moreinfo/2_16_0_DiodeLab.html">http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/moreinfo/2_16_0_DiodeLab.html</a> > Acesso<br>em: 28 de outubro de 2014)..... | 61 |
| Figura 43 - Pulso de ignição captado pela pinça indutiva no cabo de vela.....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 62 |
| Figura 44 - Retificador de onda completa e resistor para medições iniciais.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 62 |
| Figura 45 - Sinal resultante do circuito com a ponte de diodos.....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 63 |
| Figura 46 - Retificador de onda completa com capacitor em paralelo ao resistor.....                                                                                                                                                                                                                                                            | 63 |
| Figura 47 - Sinal resultante do circuito com a ponte de diodos e com capacitor em paralelo com o resistor.....                                                                                                                                                                                                                                 | 64 |
| Figura 48 - Projeto de Circuito de retificação com descrição de componentes .....                                                                                                                                                                                                                                                              | 65 |
| Figura 49 - Circuito de retificação de onda completa.....                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 65 |
| Figura 50 - Funcionamento de um retificador de meia onda (Extraído de <<br><a href="http://ivairsouza.com/circuitos_retificadores.pdf">http://ivairsouza.com/circuitos_retificadores.pdf</a> > acesso em 29 de novembro de 2014) .....                                                                                                         | 66 |
| Figura 51 - Gráfico resultante da retificação de meia onda (Extraído de <<br><a href="http://coral.ufsm.br/desp/luizcarlos/aula7.pdf">http://coral.ufsm.br/desp/luizcarlos/aula7.pdf</a> > acesso em 29 de novembro de 2014) .....                                                                                                             | 66 |
| Figura 52 - Pulso de ignição captado pela pinça indutiva no cabo de vela.....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 67 |
| Figura 53 - Circuito retificador meia onda e local de medição do sinal .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 67 |
| Figura 54 - Comparativo entre os sinais do pulso de ignição retificado e do pulso de ignição não tratado do pulso<br>de ignição .....                                                                                                                                                                                                          | 67 |
| Figura 55 - Diversos pulsos na varredura do osciloscópio .....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 68 |
| Figura 56 - Retificador de meia onda com capacitor em paralelo ao resistor.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 68 |
| Figura 57 - Comparativo entre os sinais após o tratamento pelo circuito projetado e o sinal de entrada .....                                                                                                                                                                                                                                   | 69 |
| Figura 58 - Retificador de meia onda com capacitor em paralelo ao resistor e especificação de componentes ....                                                                                                                                                                                                                                 | 69 |
| Figura 59 - Foto do circuito montado com um diodo, durante os testes.....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 70 |
| Figura 60 - Motor sem cabo de vela - Bobina de ignição estática.....                                                                                                                                                                                                                                                                           | 70 |
| Figura 61 - Motor sem cabos de velas – Bobina de ignição individual estática .....                                                                                                                                                                                                                                                             | 71 |
| Figura 62 - Teste de sensor utilizando a derivação do chicote (Extraído de < <a href="http://r19club.com/ignicao/testar-sensor-de-rotacao/">http://r19club.com/ignicao/testar-sensor-de-rotacao/</a> > acesso em 4 de setembro de 2014).....                                                                                                   | 72 |
| Figura 63 - Equipamento BOB 2000 (Extraído de <<br><a href="http://www.monzeiros.com/forum/viewtopic.php?f=50&amp;t=23408">http://www.monzeiros.com/forum/viewtopic.php?f=50&amp;t=23408</a> > acesso em 17 de novembro de 2014).....                                                                                                          | 73 |
| Figura 64 - Derivador utilizado para medições em Caixas de Velocidades Automáticas .....                                                                                                                                                                                                                                                       | 73 |
| Figura 65 - Kit de derivação para medição do sistema de injeção.....                                                                                                                                                                                                                                                                           | 74 |
| Figura 66 - Medição do sinal através dos bornes do conector do injetor.....                                                                                                                                                                                                                                                                    | 75 |
| Figura 67 - Circuito da caneta de polaridade construído para captação da rotação.....                                                                                                                                                                                                                                                          | 75 |
| Figura 68 - Circuito construído em medição .....                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 76 |
| Figura 69 - Sinal do bico injetor captado com o auxílio do circuito.....                                                                                                                                                                                                                                                                       | 77 |
| Figura 70 - Sinal da bobina de ignição captado com o auxílio do circuito construído .....                                                                                                                                                                                                                                                      | 77 |
| Figura 71 - Má condição de posicionamento da pinça (próxima dos demais cabos de vela) .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 78 |
| Figura 72 - Sinal proveniente do mau posicionamento da pinça indutiva.....                                                                                                                                                                                                                                                                     | 79 |
| Figura 73 - Melhor posicionamento da pinça indutiva .....                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 79 |
| Figura 74 - Sinal proveniente do melhor posicionamento da pinça indutiva.....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 80 |
| Figura 75 - Projeto de circuito de retificação de onda completa .....                                                                                                                                                                                                                                                                          | 80 |
| Figura 76 - Projeto de circuito de retificação de meia onda .....                                                                                                                                                                                                                                                                              | 81 |
| Figura 77 - Comparativo entre os sinais após o tratamento pelo circuito projetado e o sinal de entrada .....                                                                                                                                                                                                                                   | 81 |
| Figura 78 - Circuito da caneta de polaridade construído para captação da rotação.....                                                                                                                                                                                                                                                          | 82 |
| Figura 79 - Captação de rotação em marcha lenta E e em aceleração F - Bicos injetores.....                                                                                                                                                                                                                                                     | 82 |
| Figura 80 - Captação de rotação em marcha lenta G e em aceleração H – Bobina de ignição.....                                                                                                                                                                                                                                                   | 82 |

## **LISTA DE TABELAS**

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1– Sistemas de ignição existentes no mercado automotivo (PUJATTI, 2007, p.46).....                                    | 21 |
| Tabela 2 - Fatores de correção da rotação para motores comerciais – (A) Motores quatro tempos e (B) Motores dois tempos..... | 51 |
| Tabela 3 - Fator de correção em função do local da captação .....                                                            | 52 |

## LISTA DE FÓRMULAS

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Equação 1 - Cilindrada .....                                        | 16 |
| Equação 2 - Equações para carga de um capacitor .....               | 40 |
| Equação 3 - Equações para descarga de um capacitor.....             | 41 |
| Equação 4 - Equação tensão/indutância .....                         | 42 |
| Equação 5 - Cálculo da frequência .....                             | 49 |
| Equação 6 - Cálculo do Intervalo médio de um sinal em um motor..... | 50 |
| Equação 7 - Cálculo da Rotação Real .....                           | 52 |

# SUMÁRIO

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                                                | 13 |
| 1.1 Conteúdo .....                                                                               | 13 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                                                    | 15 |
| 2.1 Motor de Combustão Interna .....                                                             | 15 |
| 2.2 Sistema de Injeção Eletrônica.....                                                           | 17 |
| 2.3 Sistema de Ignição.....                                                                      | 19 |
| 2.4 Inspeção veicular ambiental .....                                                            | 25 |
| 2.4.1 Procedimento de análise de gases durante a inspeção .....                                  | 26 |
| 2.5 Formas de captura de rotação .....                                                           | 27 |
| 2.6 Eletromagnetismo .....                                                                       | 29 |
| 2.6.1 Elementos do Eletromagnetismo .....                                                        | 29 |
| 2.6.2 Interferência eletromagnética .....                                                        | 29 |
| 2.6.3 Formas de Atenuação .....                                                                  | 30 |
| 2.6.4 Compatibilidade eletromagnética .....                                                      | 32 |
| 2.7 Diodos .....                                                                                 | 33 |
| 2.7.1 Polarização direta .....                                                                   | 34 |
| 2.7.2 Polarização Inversa.....                                                                   | 35 |
| 2.7.3 Circuito Equivalente.....                                                                  | 35 |
| 2.7.4 Curva Característica .....                                                                 | 36 |
| 2.7.5 LED .....                                                                                  | 37 |
| 2.8 Capacitores .....                                                                            | 37 |
| 2.8.1 Carga Do Capacitor .....                                                                   | 38 |
| 2.8.2 Descarga do Capacitor.....                                                                 | 39 |
| 2.8.3 Constante de tempo de um Circuito RC .....                                                 | 39 |
| 2.8.4 Curva de carga e descarga do capacitor.....                                                | 39 |
| 2.9 Indutores .....                                                                              | 41 |
| 2.9.1 Força contra eletromotriz.....                                                             | 42 |
| 3 DESENVOLVIMENTO.....                                                                           | 44 |
| 3.1 Os Analisadores de gases .....                                                               | 46 |
| 3.2 Captação da rotação.....                                                                     | 48 |
| 3.2.1 Sinal ideal .....                                                                          | 49 |
| 3.2.2 Cálculo da rotação .....                                                                   | 49 |
| 3.3 Medições iniciais .....                                                                      | 53 |
| 3.3.1 Pinça indutiva .....                                                                       | 53 |
| 3.3.2 Caneta de Polaridade .....                                                                 | 70 |
| 4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....                                                                     | 78 |
| 4.1 Melhorias do sinal devido ao posicionamento da pinça indutiva .....                          | 78 |
| 4.2 Melhorias do sinal após a aplicação do circuito projetado .....                              | 80 |
| 4.3 Captação de rotação pelos circuitos de controle do bico injetor e do sistema de ignição..... | 81 |
| 5 CONCLUSÃO.....                                                                                 | 84 |
| 5.1 Propostas de trabalhos futuros .....                                                         | 85 |
| 6 REFERÊNCIAS .....                                                                              | 86 |

# 1 INTRODUÇÃO

Com a implantação da inspeção veicular, que visa o controle de emissões nocivas advindas de automóveis, houve a necessidade da comercialização de um grande número de equipamentos para a análise dos gases de escape, provenientes da combustão dos motores ciclo Otto. Percebeu-se então a carência de alguns equipamentos relacionados a esta aplicação.

No mercado brasileiro há diversas empresas que fabricam equipamentos para análise de gases, sendo que todas elas importam, o que podemos classificar como principal componente, o banco de gases. Além disso, estes equipamentos necessitam de um sensor externo de captação de rotação, esta é outra deficiência do mercado nacional, que mais uma vez importa a tecnologia para a captação de rotação do veículo. A taxa de importação cobrada pelo governo federal pode aumentar o valor do produto em 100% (FONTE: Departamento de Importação da Alfatest).

Com todos os equipamentos disponíveis e instalados, durante a inspeção veicular, podemos ter uma nova dificuldade. A norma do CONAMA que regulamenta o procedimento de inspeção veicular exige que em determinados momentos o veículo seja mantido sob uma determinada rotação (700 RPM e 2500RPM) por um tempo predefinido (30 / 180 segundos). Neste momento, a rotação deve permanecer estável, caso contrário o teste é reiniciado ou pode até mesmo ser interrompido. Dessa forma, uma dificuldade para efetuar a leitura, por parte do analisador de gases, pode dificultar bastante o procedimento.

Com o objetivo de diminuir o tempo da análise e a aumentar a gama de veículos analisados, utilizando uma ferramenta de baixo custo, será desenvolvida neste trabalho uma ferramenta com três formas de captação de rotação: via cabos de velas, com o uso de uma pinça de indução magnética, via sinais de entrada da bobina de ignição e dos bicos injetores, utilizando pontas de prova que serão conectadas aos circuitos de controle dos atuadores, espera-se obter uma proposta de um equipamento de baixo custo e tecnologia nacional, aliando o conhecimento técnico científico ao conhecimento das necessidades do mercado nacional.

## 1.1 Conteúdo

Este trabalho estará dividido da seguinte forma; o capítulo 2 discorrerá sobre uma revisão bibliográfica demonstrando os conhecimentos necessários a adquirir para cumprir o processo de elaboração deste trabalho; no capítulo 3 será abordado o sistema por completo

onde será possível analisar a estrutura do *hardware* desenvolvido, no capítulo 4 poderão ser observados os resultados obtidos e será possível efetuar uma comparação entre os resultados desejados e os obtidos. Constataremos se as metas foram atingidas e quais as maiores dificuldades sentidas durante todo o processo. Enfim, no capítulo 5 serão apresentadas as conclusões obtidas e a proposta de estudos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo descreve um breve histórico do motor de combustão interna e aborda dois sistemas eletrônicos dos veículos modernos: injeção e ignição, pois se considera que o leitor deva conhecer as características destes para um melhor entendimento do trabalho. Além disso, são apresentados também os métodos de captação de rotação.

### 2.1 Motor de Combustão Interna

Utilizado na maioria dos veículos automotores, o MCI (Motor de Combustão Interna) pode ser definido como uma máquina que transforma a energia química, proveniente do ar e do combustível, em energia térmica, que por sua vez é convertida em energia mecânica. (BOSCH, p.448). Os dois tipos mais utilizados são os motores ciclo Otto e ciclo Diesel.

Segundo (CÂMARA, 2006, p.21), “as primeiras tentativas de desenvolvimento de um motor ocorreram na segunda metade do século XVII, com o uso da pólvora para movimentar um pistão dentro de um cilindro”. Mas foi em 1862 que o MCI começou a ser concebido, através do físico francês Alphonse Beau de Rochas, que propôs as condições necessárias para que um MCI a quatro tempos funcionasse. O silencioso motor patenteado em 1876, por Nikolaus Otto, utilizava estes princípios para funcionar e sua ignição já era obtida por meio de uma vela, como nos dias atuais. Após o início de sua fabricação pela empresa alemã Otto und Langen, este motor passou a ser conhecido popularmente de motor Otto. (MILHOR, 2002, p. 3).

Muitos anos se passaram sem que o MCI sofresse alterações significativas, ideias até surgiam, mas eram dificultadas pela tecnologia da época. Porém, em meados da década de 70, com a grande produção dos transistores, até os dias atuais, a eletrônica envolvida no MCI, cresceu muito. Sendo utilizada, entre outras funções, para controlar a injeção de combustível e a ignição, chegando a ser essencial para atender as necessidades (exigidas pela sociedade) de emissões e consumo.

Em um motor, a capacidade volumétrica é definida pela soma do volume dos cilindros, este é definido pela relação entre a área da face superior do pistão e o seu curso (distância do PMS ao PMI). Esta capacidade pode ser obtida na Equação 1, onde temos o volume do cilindro vezes a quantidade de cilindros do motor.

$$Cc = \pi \times r^2 \times h \times n$$

Na qual:

$CC$  = cilindrada total;

$r$  = raio do pistão;

$h$  = curso do pistão;

$n$  = número de cilindros

Equação 1 - Cilindrada

Nos motores de quatro tempos, o movimento alternativo do pistão é transformado em movimento rotativo, pelo sistema biela-manivela, e um ciclo de trabalho é completado a cada duas voltas da árvore de manivelas. O deslocamento do pistão de PMS (ponto morto superior) ao PMI (ponto morto inferior), juntamente com o posicionamento (abertura ou fechamento) das válvulas de admissão e escape, definem cada tempo do motor, apresentados na Figura 1, e que são definidos da seguinte forma (MILHOR, 2002, p. 4 – 5):

**Admissão:** Com a válvula de admissão aberta e a de escapamento fechada, o pistão se desloca do PMS ao PMI, provocando uma diferença de pressão, que faz com que a mistura ar/combustível seja admitida para dentro do cilindro;

**Compressão:** Com as válvulas de admissão e escapamento fechadas o pistão se desloca do PMI para o PMS, comprimindo a mistura ar/combustível na câmara de combustão. Antes de o pistão atingir o PMS, o sistema de ignição produz uma centelha, através da vela de ignição do respectivo cilindro. A centelha provoca a queima da mistura, fazendo com que a pressão no interior do cilindro se eleve.

**Expansão:** A pressão alta no 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 a expansão que a energia contida no combustível é liberada, transformando-se em movimento. Este é o único tempo do motor que gera trabalho.

**Exaustão:** Na exaustão, a válvula de escapamento se abre, diminuindo a pressão residual no cilindro e o deslocamento do pistão de PMI para PMS, faz com que o produto da queima da mistura ar/combustível seja expelido do cilindro para a atmosfera.

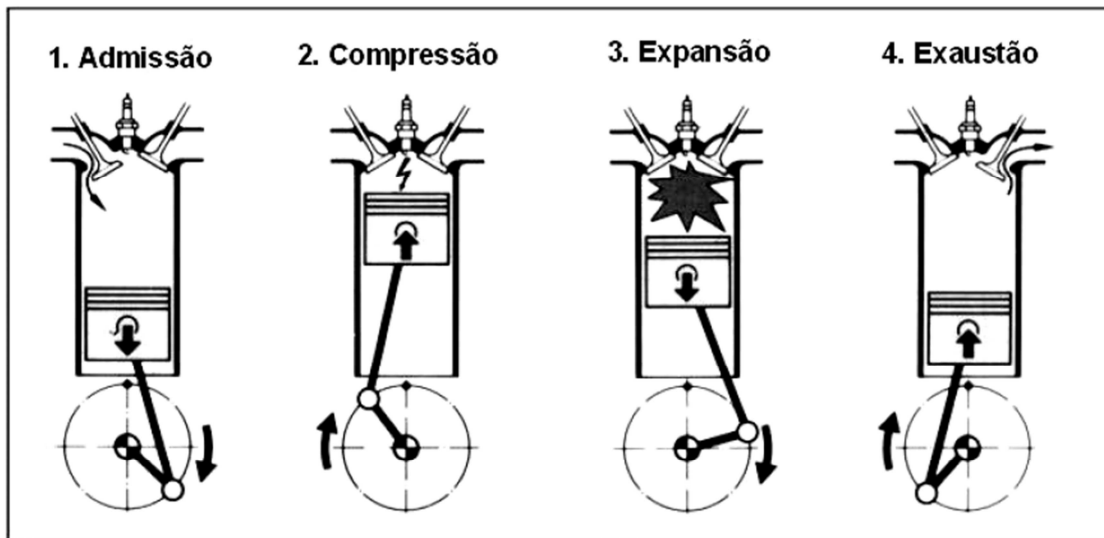


Figura 2- Ciclo de trabalho de um motor ciclo Otto – [Extraído de MILHOR (2002), p. 4, fig. 1]

## 2.2 Sistema de Injeção Eletrônica

Desenvolvido para substituir os antigos carburadores (componentes mecânicos que tinham a função de disponibilizar a mistura ar-combustível admitida pelo MCI), o sistema de injeção eletrônica é responsável por calcular e fornecer a quantidade precisa de combustível, com base nas informações obtidas por vários sensores, para diversas condições de funcionamento do motor.

Altos requisitos de rendimento e baixos níveis de emissões de poluentes requerem precisão do sistema de injeção em cada ciclo de trabalho. Além da dosagem precisa da massa de combustível injetada (de acordo com a massa de ar admitida), a injeção no tempo exato torna-se cada vez mais importante. (SILVA, 2006, p. 27). De forma a garantir estas exigências, os denominados Eletroinjetores (*fuel injector*) foram desenvolvidos baseados no princípio de funcionamento de eletroválvulas acionadas por solenoides. (PUJATTI, 2007, p. 35). Na figura 2, podemos visualizar alguns modelos de eletroinjetores.

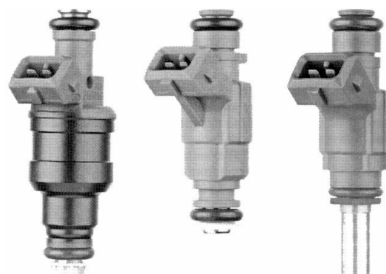


Figura 3 - Injetores (Extraído de PUJATTI, 2007, p. 35)

“Esses componentes são atuadores capazes de controlar a quantidade de combustível presente em uma linha pressurizada através da modulação da largura de um pulso de tensão (*Pulse Width Modulation* – PWM).” (PUJATTI, 2007, p. 35)

A disposição dos eletroinjetores varia de sistema a sistema. Nos mais simples, empregados em alguns dos primeiros sistemas de controle eletrônico, utilizava-se apenas uma válvula injetora, a qual era instalada acima ou abaixo da borboleta de aceleração. Tais sistemas eram denominados de sistemas de injeção central de combustível, monoponto ou ainda *throttle-body*. No sistema de injeção individual (ou multiponto), utilizava-se uma válvula injetora para cada cilindro, os quais injetam o combustível a montante da válvula de admissão (conforme representado na figura 3) do respectivo cilindro. (MILHOR, 2002, P. 22)

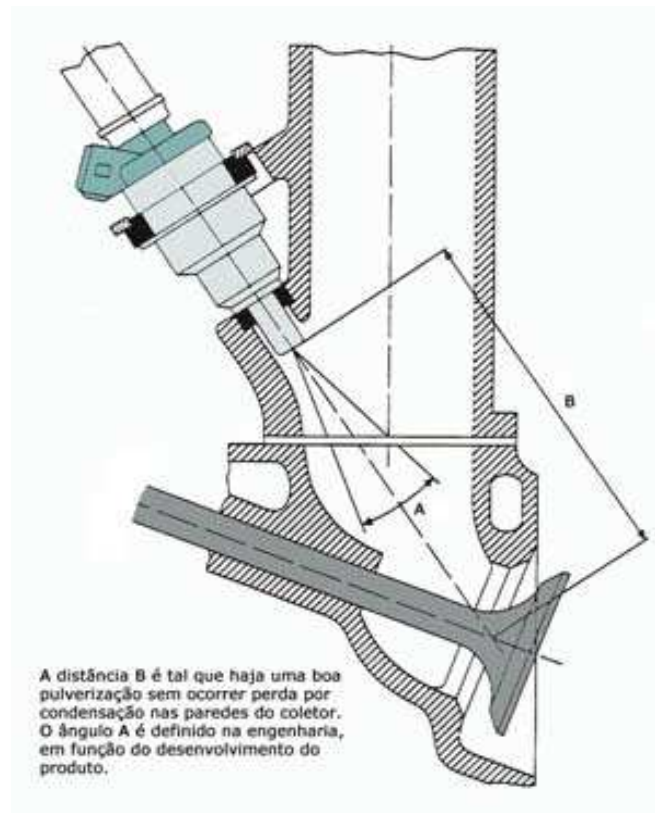


Figura 4- Posicionamento da válvula injetora no sistema multiponto (Em < <http://sistemasautomotivos.blogspot.com/2009/01/bico-injetor.html>> Acesso em: 26 de abril de 2011)

Em sistemas com Injeção individual, os tipos de injeção podem ser (MILHOR, 2002, p. 22):

- Injeção simultânea: Todos os eletroinjetores são acionados simultaneamente duas vezes por ciclo;

- Injeção em grupo: São reunidos dois grupos de eletroinjetores, sendo que cada grupo injeta uma vez por ciclo. O intervalo de tempo entre os dois grupos é de um giro da árvore de manivelas. Essa disposição permite uma seleção da posição da injeção em função do ponto de operação e evita a indesejada injeção na válvula aberta em outras áreas de mapeamento;
- Injeção Sequencial: Este tipo de injeção oferece maior grau de liberdade. A injeção é feita em igual posição com relação aos diversos cilindros. A posição da injeção pode ser programada livremente e pode ser adaptada aos respectivos critérios de otimização. Este tipo de injeção é o mais empregado atualmente.

As vantagens em se ter a injeção controlada eletronicamente são (MILHOR, 2002, p. 23):

- Menor consumo de combustível;
- Maior potência;
- Aceleração sem atraso;
- Melhora da partida a frio e fase de aquecimento;
- Baixo índice de emissões de poluentes.

## 2.3 Sistema de Ignição

Os motores de combustão interna que funcionam segundo o ciclo Otto utilizam uma centelha para dar início à combustão de uma mistura ar-combustível pré-existente. Esta centelha que é produzida entre os dois eletrodos da vela, pouco antes do final da fase de compressão, deve ser capaz de iniciar a queima da mistura ar-combustível à sua volta e gerar, assim, uma frente de chama que irá se propagar até que toda a mistura seja queimada. (ALMEIDA, 2005, p. 6)

O sistema de ignição é responsável pelo fornecimento da centelha, desde a sua geração até o controle do instante de sua introdução no cilindro através da vela de ignição. (PUJATTI, 2007, p.41). Esta deve ter energia suficiente para dar início a combustão da mistura nas diversas condições de operação do motor. O momento ideal para que ocorra a centelha varia conforme a rotação e a carga a que o motor está sujeito e o sistema de ignição deve levar estes fatores em conta para que se obtenha um bom desempenho. (ALMEIDA, 2005, p. 6)

Tipicamente há quatro tipos de sistemas de ignição para gerar a centelha nos terminais das velas (Almeida, 2005, p. 6 – 7):

a) Sistema por magnetos – utiliza um conjunto de ímãs permanentes e um induzido para gerar a tensão e saturar o enrolamento primário de uma bobina, quando um ressalto interrompe a corrente no primário da bobina, esta gera uma alta tensão no secundário e assim a centelha na vela. Este sistema é mais utilizado em motores pequenos, que não possuem baterias. Por exemplo: Serras elétricas, cortadores de grama, etc;

b) Sistema indutivo convencional – usa a energia proveniente do alternador/bateria para saturar o enrolamento primário de uma bobina e quando um ressalto aciona o platinado, a corrente é interrompida provocando uma alta tensão no secundário da bobina.

c) Sistema indutivo eletrônico – semelhante ao sistema convencional, este utiliza a energia do alternador/bateria para saturar o primário de uma bobina. A diferença está nos componentes que interrompem a corrente no primário. No sistema eletrônico, o eixo com came e o platinado são substituídos por um sensor de indução ou de efeito Hall e uma central eletrônica que recebe o sinal do sensor e interrompe a corrente no momento correto;

d) Sistema capacitivo – este sistema também utiliza a energia proveniente da bateria/alternador, multiplica sua tensão (de 12 v para cerca de 300) e carrega um capacitor conectado ao primário de uma bobina, quando um sensor magnético de posição gera um pulso, o sistema interrompe a corrente para o primário, e gera a tensão elevada no secundário;

Segundo (PUJATTI, 2007, p.46) os diferentes sistemas de ignição da mistura ar/combustível podem ser classificados de acordo com a Tabela 1, que apresenta de forma sucinta uma evolução dos diferentes sistemas existentes no mercado automotivo e o princípio de funcionamento de cada uma de suas funções básicas. Observa-se uma substituição gradativa dos componentes mecânicos por eletrônicos nas principais funções desses sistemas.

| <b>Função:</b>                              | <b>Sistemas de Ignição:</b>       |                                        |                                |                                                         |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                                             | Bobina + Platinado + Distribuidor | Ignição transistorizada + Distribuidor | Ignição Mapeada + Distribuidor | Ignição Mapeada + Bobinas estáticas (Distribuidor-less) |
| Geração do tempo de permanência             | Mecânico                          | Eletrônico                             | Eletrônico                     | Eletrônico                                              |
| Variação do avanço de ignição               | Mecânico                          | Mecânico                               | Eletrônico                     | Eletrônico                                              |
| Princípio de geração da Alta Tensão (kV)    | Indutivo                          | Indutivo                               | Indutivo                       | Indutivo                                                |
| Distribuição da centelha entre os cilindros | Mecânico                          | Mecânico                               | Mecânico                       | Eletrônico                                              |
| Sistema de chaveamento de Alta Tensão (kV)  | Mecânico                          | Eletrônico                             | Eletrônico                     | Eletrônico                                              |

Tabela 1– Sistemas de ignição existentes no mercado automotivo (PUJATTI, 2007, p.46)

Os primeiros sistemas de ignição aplicados nos motores de quatro tempos, capazes de controlar o avanço de ignição em função da carga e da rotação, foram os sistemas de ignição mecânicos, como o apresentado na figura 4. (PUJATTI, 2007, p.47)

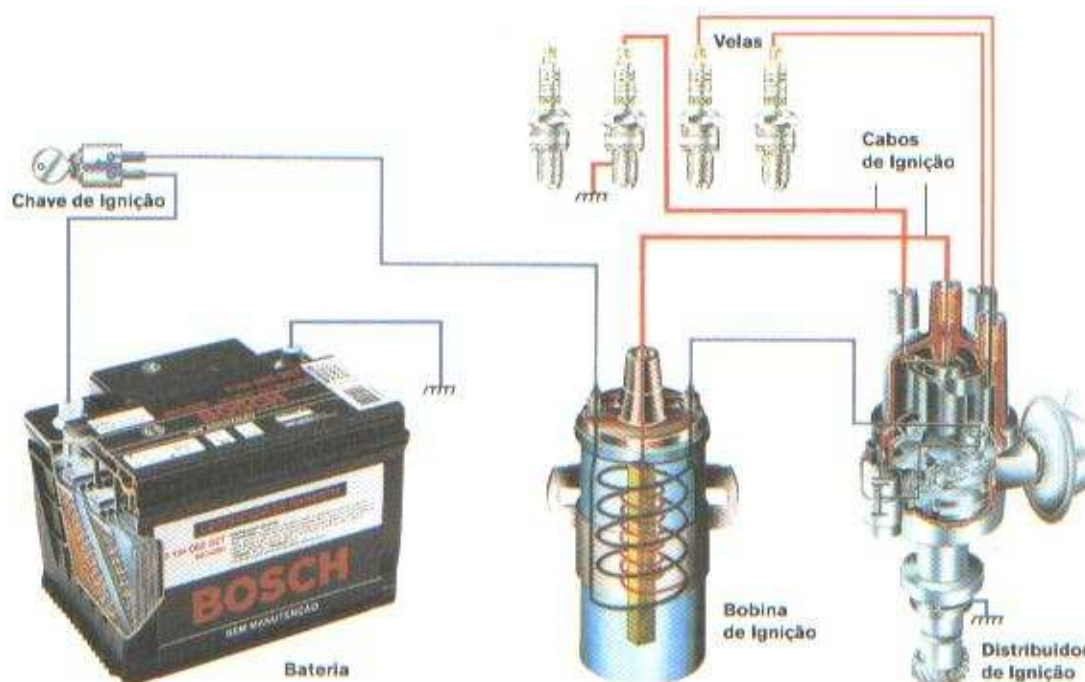


Figura 5 - Sistema de ignição mecânico (disponível em &lt;Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição&gt; acesso em 26 de abril de 2011)

Neste sistema o platinado é acionado por um came instalado no eixo principal do distribuidor. Quando fechado, o platinado conecta o terminal da bobina ao negativo da bateria, durante um tempo determinado, que define o ângulo de permanência, no instante que é desconectado há uma variação da tensão no primário da bobina que induz uma tensão no enrolamento secundário proporcional à relação de espiras entre o secundário e o primário. Esse pico de tensão é transmitido desde a bobina até o distribuidor que, em função da posição

do rotor é conduzido à vela de ignição do cilindro que termina o tempo de compressão. Este ciclo é demonstrado basicamente na figura 5. (PUJATTI, 2007, p.47)

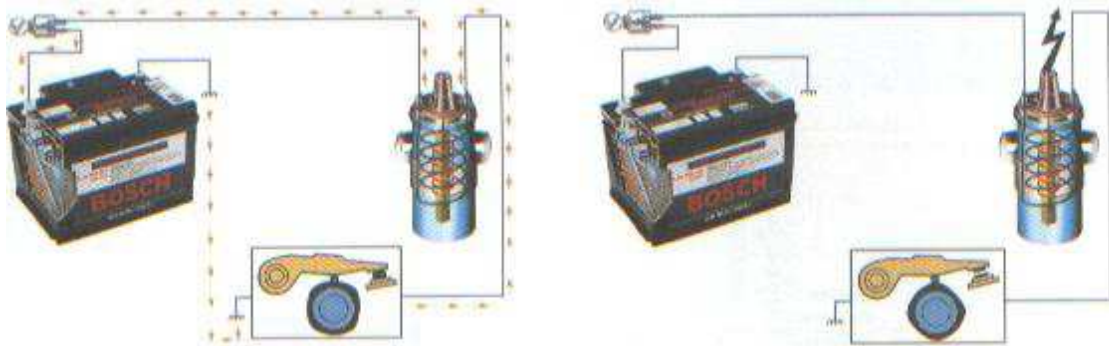


Figura 6— Carga e descarga da bobina (disponível em <Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição> acesso em 26 de abril de 2011)

Como a capacidade de chaveamento de corrente do contato do platinado é limitada, a necessidade de sistemas de ignição mais potentes e a disponibilidade de chaves eletrônicas de alta potência levaram ao desenvolvimento dos primeiros módulos de ignição eletrônicos. (BOSCH, 2005, p.654).

Nos veículos atuais os sistemas de ignição são quase sempre integrados como subsistemas de gerenciamento do motor (BOSCH, 2005, p. 623). Nestes casos o negativo da bobina é comandado pela central eletrônica. Com base nas informações de rotação e carga do motor, a unidade de comando calcula o tempo necessário de carga da bobina (função que antigamente era feita mecanicamente pelo platinado) e o momento exato que deve ocorrer à faísca.

De acordo com (BOSCH, 2005, p.623), a ignição por bobina (ignição indutiva) com um circuito individual por cilindro (distribuição estática de alta tensão com bobinas de faísca simples) é cada vez mais usual.

Os principais componentes do sistema de ignição são:

### **Bobina**

Segundo (BOSCH, 2005, p.626), “a bobina de ignição representa em principio uma fonte de alta tensão carregada de energia com a estrutura similar a um transformador. Ela recebe a tensão da bateria durante o tempo de fechamento ou de carga. No ponto de ignição, que ao mesmo tempo representa o fim do tempo de carga, a energia é liberada à vela de ignição com a alta tensão e energia de faísca necessária.” Na figura 6, é apresentado o circuito o e na figura 7 temos uma bobina de ignição em corte, onde podemos visualizar a disposição do circuito primário e secundário;

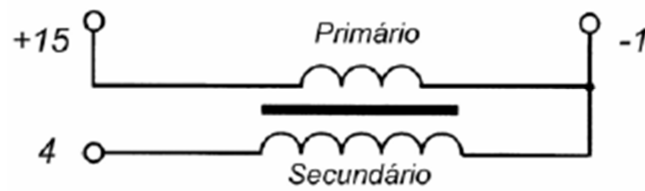


Figura 7 - Circuito da bobina de ignição convencional (extraído de PUJATTI, 2007, p. 51)

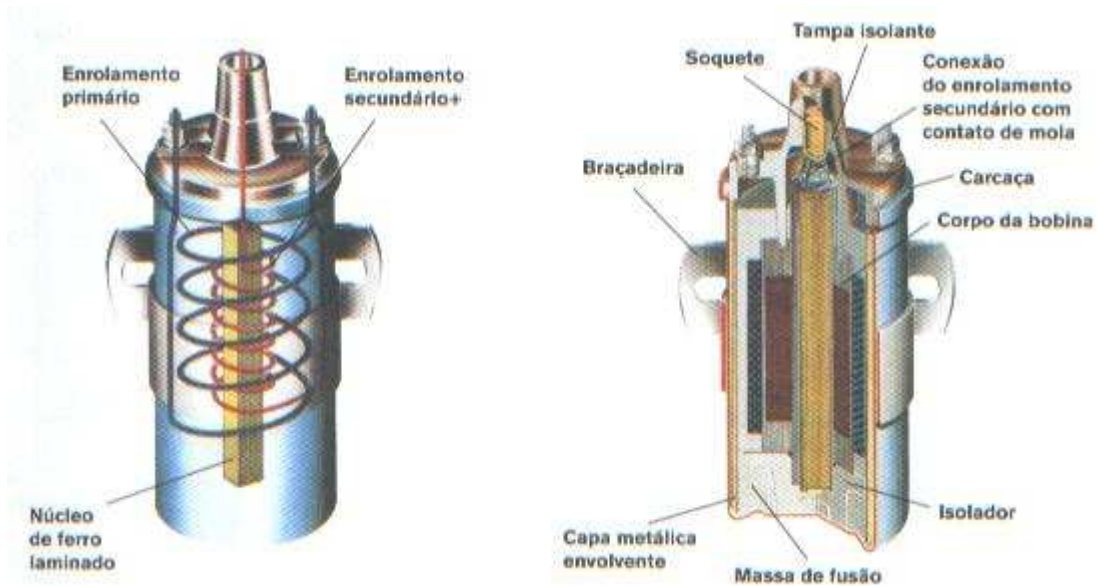


Figura 8- Bobina de ignição em corte (disponível em <Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição> acesso em 26 de abril de 2011)

## Unidade de comando

É responsável pelo chaveamento do negativo da bobina, função que antes era executada pelo platinado. Em alguns sistemas a unidade de comando também faz diversos cálculos para saber o tempo necessário de carga da bobina e o avanço de acordo com a rotação e a carga.

## Distribuidor

Possui a função de distribuir a tensão de ignição para as velas, na ordem preestabelecida, disparo do impulso de ignição através do corte da corrente primária (platinado) e ajuste do ponto de ignição através dos avanços de ignição. (BOSCH, 2005, p.653)

Segundo (BOSCH, 2005, p.653), o platinado e os avanços de ignição não pertencem funcionalmente ao distribuidor de ignição. Eles são combinados com ele em uma unidade em comum porque necessitam de um acionamento sincronizado.

## Cabo de vela

É responsável por conduzir a alta tensão produzida pela bobina até as velas de ignição sem permitir fugas de corrente, garantindo que ocorra uma combustão sem falhas. Além disso, os cabos também possuem a característica de eliminar interferências eletromagnéticas produzidas pela alta tensão, utilizando resistores; apresentado na Figura 8 (SENAI-SP, 2003).

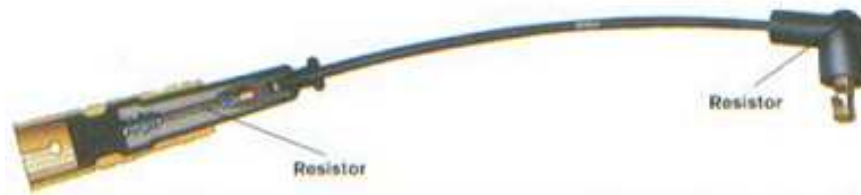


Figura 9- Cabo de vela (extraído de <Jaguariúna jeep clube, Sistemas de ignição> acesso em 26 de abril de 2011)

## Velas

Sua função é introduzir a energia de ignição gerada pela bobina, na câmara de combustão. A combustão é iniciada pela faísca elétrica (gerada pela alta tensão do sistema) que ocorre entre os eletrodos.

Como sua função também deve ser garantida sob condições extremas (partida a frio, plena carga) a vela de ignição tem um papel decisivo no desempenho otimizado, consumo de combustível e funcionamento seguro do motor Otto. Desta forma, é essencial efetuar a substituição das velas no tempo definido pela montadora, assim como sua calibragem correta. Na figura 9, apresenta-se uma vela de ignição em corte (BOSCH, 2005, p. 628).

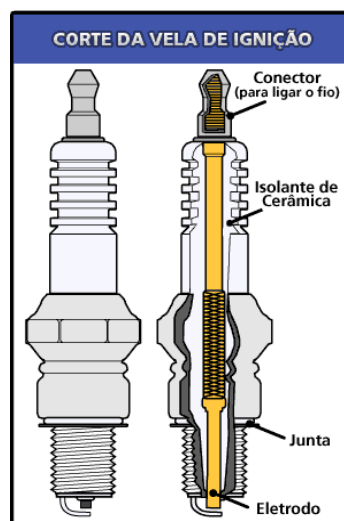


Figura 10 - Vela de ignição (Extraído de < <http://carros.hsw.uol.com.br/sistema-de-ignicao-de-um-automovel.htm> > acesso em 26 de abril de 2011)

## 2.4 Inspeção veicular ambiental

O objetivo da inspeção veicular ambiental é controlar o nível de emissão de poluentes por parte dos veículos automotores. Além disso, salientar ao proprietário do veículo que a manutenção preventiva é mais importante do que a manutenção corretiva.

Durante a inspeção são verificados diversos componentes presentes no veículo relacionados ao controle de emissões. O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) regulamenta o índice máximo de emissões de acordo com o ano de fabricação do veículo. (CONAMA, Resolução número 418, de 25 de novembro de 2009).

Segundo pesquisas do Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP, estima-se que cerca de 10% das mortes de idosos, 7% da mortalidade infantil e de 15 a 20% das internações de crianças por doenças respiratórias estejam relacionadas com as variações da poluição atmosférica. Em dias de grande contaminação do ar o risco de morte por doenças do pulmão e do coração aumenta em até 12%. Habitantes de São Paulo vivem em média um ano e meio a menos do que pessoas que moram em cidades de ar mais limpo. No mês de outubro de 2009 foi aprovada a resolução CONAMA 418/09, que estabeleceu a inspeção veicular em todo o território nacional. (em <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a\\_cidade/noticias/index.php?p=28031](http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/noticias/index.php?p=28031)> acesso em 28 de abril de 2011)

Segundo a CONTROLAR, atualmente cerca de 50 países realizam a inspeção veicular ambiental.

O primeiro município a aderir a “Inspeção Veicular Ambiental” foi São Paulo que desde 2007 a realiza. A inspeção em São Paulo é tarifada e o proprietário que não a realizar estará sujeito a multa e terá o licenciamento do veículo bloqueado. Caso o veículo seja reprovado, terá 30 dias para efetuar os devidos reparos e reagendar a nova inspeção, isenta de qualquer tarifa.

Há órgãos como o próprio Sindicato dos Reparadores (SINDIREPA), que organizam em uma lista as oficinas inspecionadas e ditas como aptas por eles para realizar a pré-inspeção, para que o reparador adeque-se aos requisitos para incluir-se nesta lista deve cumprir determinados requisitos, como: possuir equipamentos e conhecimento adequado para reparar com eficiência os veículos a ela propostos veículos.

A atitude de implantar a inspeção veicular tem uma vertente muito nobre, pois se trata basicamente de saúde pública, dados comprovam que o ser humano que respira um ar

mais limpo vive mais e melhor. Além disso, é benéfico economicamente para a região onde é implantada, pois gera necessidade de mão de obra qualificada nos centros de inspeção e nas oficinas de reparação, aumenta também à venda de equipamentos voltados a análise dos gases emitidos pelos escapamentos dos veículos e diminuem-se consideravelmente os gastos com a saúde, devido ao fato de termos um ar mais limpo atenua-se o número de pessoas com problemas respiratórios.

#### **2.4.1 Procedimento de análise de gases durante a inspeção**

O procedimento de inspeção se inicia com uma pré-inspeção visual, onde são observados itens como (PORTARIA 147, 2009, p.14):

- Funcionamento irregular do motor;
- Emissão de fumaça visível, exceto vapor d’água;
- Vazamentos aparentes de fluidos (óleo, combustível, água, etc);
- Alterações, avarias ou estado avançado de deterioração nos sistema de admissão/ escapamento;

Caso alguma destas anomalias seja constatada o veículo será considerado “rejeitado” e não poderá iniciar os procedimentos seguintes. No caso de aprovação na pré-inspeção, é dado início a inspeção visual dos itens de controle de emissão, nesta etapa são observados eventuais defeitos de alguns itens (PORTARIA 147, 2009, p.15), como:

- Sistema PCV (ventilação positiva do cárter) ausente ou danificado.
- Fixação, conexões e mangueiras do sistema PCV, irregulares;
- Sistema EGR (recirculação de gases de escapamento) ausente ou danificado;
- Fixação, conexões e mangueiras do sistema EGR, irregulares;
- Câister ausente ou danificado;
- Fixação, conexões e mangueiras do câister, irregulares;
- Presença, estado e fixação do catalisador;
- Presença, fixação e conexão elétrica de sonda lambda, irregulares;
- Sistema de injeção de ar secundário ausente ou danificado;
- Fixação da bomba e/ou conexões do sistema de injeção de ar secundário, irregulares;

- Existência de dispositivos de ação indesejável e adulterações do veículo que tenham influência nas emissões, mesmo que estas possam parecer benéficas;
- Falta da tampa do reservatório de combustível (principal e secundário nos veículos com motor a álcool e flexíveis) e do reservatório de óleo do motor;
- Lâmpada de injeção (*MIL – Malfunction indicator lamp*) indicando o mau funcionamento do motor;

Sendo aprovado na inspeção visual o veículo será submetido ao procedimento de medição de gases. Esta etapa é realizado da seguinte forma (PORTARIA 147, 2009, p.15 e p.16):

1. Previamente à medição dos gases de escapamento, deverá ser realizada a descontaminação do óleo do cárter mediante a aceleração constante, de  $2500 \pm 200$  rpm, durante um período mínimo de 30 segundos.
2. Após a descontaminação, o equipamento analisador de gases deve iniciar, automaticamente, a medição dos níveis de concentração dos gases.
3. Se os valores medidos atenderem aos limites estabelecidos, o motor deverá ser desacelerado e novas medições deverão ser realizadas sob o regime de marcha lenta, que deve ser entre 600 e 1200 rpm e estável dentro de  $\pm 100$  rpm. Em caso de atendimento aos limites de emissão nos dois regimes de funcionamento, o veículo será “APROVADO”.
4. Se os valores de emissões medidos não atenderem aos limites estabelecidos, o motor deve ser mantido acelerado por um período total de até 180 segundos. Durante esse tempo o equipamento fará novas medições dos níveis de emissões.
5. Caso os níveis de emissões não ultrapassem os limites dentro deste período, o motor deverá ser desacelerado e novas medições deverão ser realizadas sob o regime de marcha lenta.
6. Em caso de atendimento aos limites de emissão e todos os demais itens inspecionados estiverem aprovados, o veículo está “APROVADO”, caso o contrário o veículo será considerado “REPROVADO”.

## 2.5 Formas de captura de rotação

O programa atual de inspeção veicular estabelece que o motor seja mantido em rotações determinadas por norma para que possam ser cumpridas todas as etapas do teste,

sendo que até mesmo se a rotação verificada por equipamento apropriado seja considerada instável o veículo será reprovado por funcionamento incorreto do motor (CONAMA, Resolução número 418, de 25 de novembro de 2009). No mercado atual possuímos diversos equipamentos capazes de captar rotação de veículos propulsionados por motores ciclo Otto, os meios utilizados para a captação de rotação são diversos. Abaixo serão exemplificadas algumas formas de captação:

- Pinça indutiva: O usuário envolverá um dos cabos de vela do veículo com a pinça indutiva, o campo magnético gerado pela passagem de corrente elétrica excitará o enrolamento (bobina) presente na pinça e gerarão pulsos, estes pulsos possuem frequências que definem a rotação que será lida pelo equipamento de análise de gases.

- Sensor de Vibração: Para efetuar a captura de rotação por meio do sensor de vibração é necessário instalar o sensor no bloco do motor, este sensor possui a sua extremidade magnética facilitando assim a sua fixação ao bloco. O sensor de vibração é semelhante ao sensor de detonação utilizado pelas centrais de injeção eletrônica, na aplicação para a captação de rotação utiliza-se o ciclo de combustão dos cilindros do motor para definir a frequência angular do motor.

- *Ripple* de alternador: A forma de captação por *ripple* de alternador é feita conectando-se as pontas de provas do tacômetro na bateria do veículo. Desta forma será gerada uma componente AC da tensão da bateria, gerada pela comutação dos diodos de retificação do alternador. (MANAVELA, 2005, p.10)

- Sensor ótico: Este sistema é composto por um emissor luminoso e um diodo receptor, o conjunto é fixado por uma base magnética em algum ponto do veículo (cofre do motor) que possa ser magnetizado, de modo a permitir que a luz produzida pelo emissor seja refletida por uma etiqueta refletora devidamente colada na polia do virabrequim. A maior dificuldade de implantação deste sistema é a dificuldade de acesso ao sistema em veículos com pouco espaço no compartimento do motor (MANAVELA, 2005, p.12).

- Parâmetro "rpm" (rotação por minuto) em Sistemas OBD: Veículos que possuam o sistema de diagnóstico de bordo OBD (“*on-board diagnostic*”). O valor da rotação é obtido do parâmetro correspondente do sistema de diagnóstico captado por um sistema que seja capaz de se comunicar com os protocolos existentes e normalizados pelas entidades competentes (MANAVELA, 2005, p.12). Este sistema quase não é encontrado no Brasil, sendo utilizado apenas em equipamentos importados, devido a sua relativa complexidade e a sua aplicação somente em veículos posteriores à norma OBDII.

## 2.6 Eletromagnetismo

De acordo com (PAUL, citado por CARDIA, 2011, p. 5) Campo da ciência que estuda a física do campo elétrico e do campo magnético, campos que exercem força nas partículas que possuem a propriedade de carga elétrica e são afetadas pela presença e movimentação de suas partículas.

### 2.6.1 Elementos do Eletromagnetismo

Conforme mencionado por (PAUL, citado por CARDIA, 2011, p.6) o eletromagnetismo possui basicamente dois elementos chave:

- Campo magnético: Aquele gerado a partir de um elemento indutivo quando percorrido por corrente elétrica (cabos, bobinas, etc.);
- Campo elétrico: Aquele gerado a partir de um elemento capacitivo carregado por cargas elétricas (antenas, capacitores, placas, etc.);

Obs: A maioria dos equipamentos geram ambos os campos simultaneamente.

### 2.6.2 Interferência eletromagnética

Interferência eletromagnética, também conhecida como EMI (*Electromagnetic Interference*) é caracterizada por uma atenuação no desempenho de um equipamento, causado por uma perturbação eletromagnética, que se propaga tanto no vácuo quanto por meios físicos. (BELTRAME, 2010, p.2)

Segundo (BELTRAME, 2010, p.3), “... todo circuito eletrônico produz algum tipo de campo magnético ao seu redor e, assim, se torna gerador de EMI. Como consequência, temos a transferência de energia eletromagnética entre um equipamento "fonte" com o equipamento "vítima", que pode ocorrer por radiação, condução e/ou acoplamentos capacitivos ou indutivos. Em todos os casos temos o envolvimento de uma fonte de energia eletromagnética, um dispositivo que responde a esta energia e um caminho de transmissão que permite a energia fluir da fonte até a vítima, como mostrado na Ilustração”.

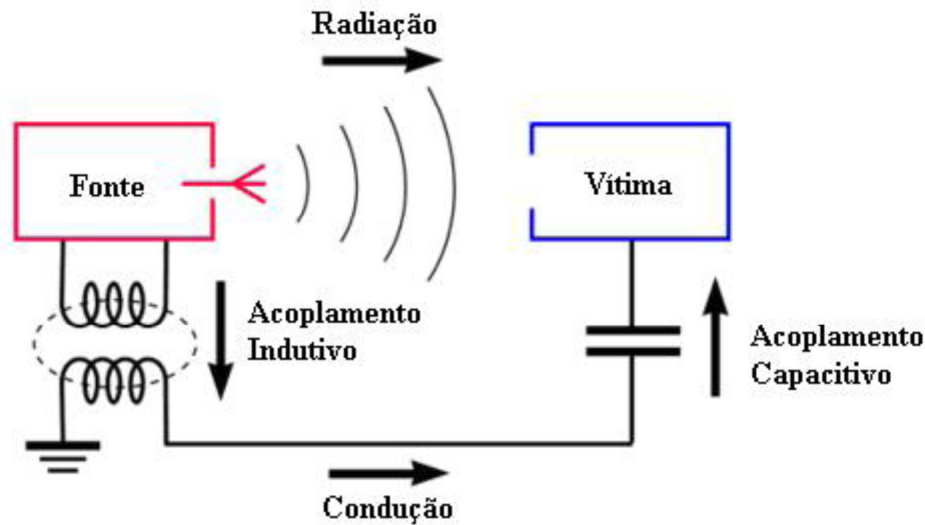


Figura 11 - Interferência Eletromagnética (extraído de, BELTRAME, 2010, p.3)

Para que ocorra uma situação de interferência eletromagnética, três elementos devem estar presentes. Estes três elementos incluem uma fonte de perturbação eletromagnética, um percurso de acoplamento através do qual as perturbações são transmitidas, e um receptor que sofre os efeitos adversos dos sinais recebidos. Se qualquer um destes elementos for eliminado, a interferência não ocorrerá. Portanto, pode-se obter compatibilidade eletromagnética através da redução dos níveis de emissão da fonte de perturbação, da interrupção do percurso de acoplamento, ou da proteção do receptor a fim de torná-lo imune as perturbações. Em alguns casos, técnicas de supressão de interferência deverão ser aplicadas a duas ou a todas as três partes do percurso da perturbação. (BELTRAME, 2010, p. 3)

### 2.6.3 Formas de Atenuação

Para evitar que o circuito construído sofra com as interferências eletromagnéticas, são utilizadas algumas formas de atenuação, segue abaixo as principais formas utilizadas.

#### **Blindagens**

As blindagens são usadas para determinar as fronteiras para a energia irradiada. Finos filmes de cobre trançado e folhas de metal são os materiais de blindagem mais comuns. (BELTRAME, 2010, p. 8)

## **Aterramento**

O aterramento adequado dos equipamentos e seus cabos de interligação, bem como de filtros de proteção, é imprescindível para o escoamento de ruídos e surtos provenientes da rede elétrica e também para a criação de uma boa referência de potencial elétrico. Adequadamente executado, pode prevenir alguns problemas de EMI, especialmente quando se trata de sistemas baseados em transmissão via rádio, reduzindo, por exemplo, correntes harmônicas e ruídos elétricos no cabo de alimentação da antena. (BELTRAME, 2010, p. 8)

## **Choques de modo comum**

Os choques de modo comum são usados para ajudar na eliminação de praticamente qualquer problema de interferência em sistemas, desde TV a cabo e telefones, até a interferência de áudio causada por RF captada nos cabos dos alto-falantes. Os choques de modo comum geralmente têm materiais de núcleo de ferrite e o tamanho e material do ferrite são determinados pela aplicação e frequência. Por exemplo, um cabo AC de alimentação com um conector acoplado não pode ser facilmente enrolado em um pequeno núcleo de ferrite. (BELTRAME, 2010, p. 9)

## **Plano de terra**

A corrente de ruído que flui pelo circuito através das impedâncias das trilhas, ou outras impedâncias do circuito, provocam quedas de tensão em série com o sinal, podendo causar instabilidade e distorções. A correta localização dos planos de terra pode remover estes problemas, pois se tem uma redução da impedância de terra, diminuindo dessa forma as chances de instabilidade ou distorções nos sinais transmitidos nas trilhas. (BELTRAME, 2010, p. 9)

## **Filtragem**

Os filtros variam em características de atenuação, características de frequência e quanto à capacidade de manipular potenciais diferentes. Os nomes dados aos vários filtros são baseados na utilização de cada um. Por exemplo, os filtros de linha de AC, algumas vezes chamados de filtros de "força bruta", são usados para filtrar energia de RF dos circuitos de

alimentação elétrica. Ou seja, ele "desvia" qualquer ruído que exista no sistema para o aterramento da instalação. (BELTRAME, 2010, p. 9)

#### **2.6.4 Compatibilidade eletromagnética**

Estuda-se CEM (Compatibilidade Eletromagnética), devido ao crescente desenvolvimento e aumento da utilização de dispositivos eletroeletrônicos. Com esse aumento, houve a necessidade de atentar-se as interferências mútuas que os dispositivos causam, prejudicando o correto funcionamento e segurança do sistema em questão.

Compatibilidade eletromagnética é a habilidade de dispositivos, equipamentos, ou sistemas, funcionar satisfatoriamente em seus meios eletromagnéticos (Aspecto Imunidade) sem introduzir distúrbios eletromagnéticos intoleráveis para qualquer um neste ambiente (Aspecto Emissão). Uma disciplina da engenharia desenvolvida assegura que um dispositivo, equipamento, ou sistemas que gera e/ou usa energia eletromagnética podem coexistir satisfatoriamente. (BELTRAME, 2010, p. 9)

Conforme apresentado por (CARDIA, 2011, p.11), um sistema é eletromagneticamente compatível quando:

- Não causa interferência em outros sistemas e em seus próprios sistemas
- Não é susceptível às emissões causadas por outros sistemas

#### **Composição da Compatibilidade Eletromagnética**

- FONTES de EMI: Equipamentos elétrico/eletrônicos que geram campo eletromagnético (perturbação eletromagnética);
- VÍTIMAS de EMI: Outros equipamentos (ou corpos) que sofrem mudança de comportamento por exposição ao campo eletromagnético.

Obs: um mesmo equipamento pode ser vítima e fonte, como por exemplo, o veículo.

#### **Papel da Compatibilidade Eletromagnética**

- Impor regras para a emissividade das FONTES de interferência eletromagnética (através de NORMAS)
- Prover capacidade às VÍTIMAS de “resistir” à influência do campo eletromagnético, ou seja, dar imunidade (através de TÉCNICAS).

### Modos de interferência

- Conduzido: por cabos, fios etc.
- Irradiado: por indução estacionária (campos magnéticos ou eletrostáticos) e/ou ondas eletromagnéticas (rádio).

### Compatibilidade Eletromagnética X Veículo

Veículo = Sistema complexo e completo

- FONTES: Velas, Chicotes, Antenas, etc.
- VÍTIMAS: Módulos, Rádios, etc.

Essas fontes e vítimas estão susceptíveis à interferência radiada e conduzida. (CARDIA, 2011, p.16),

### CEM no âmbito do projeto de um veículo

Quando da concepção de um veículo, na fase de projetos deve-se cada vez mais preocupar-se com técnicas que promovam a redução da emissividade e aumento da imunidade, aplicando técnicas e realizando ensaios para que o produto seja concebido com o melhor rendimento e que se enquadre nas legislações vigentes, visando à redução dos custos de produção e retrabalhos, fortalecendo a marca que o produziu. (CARDIA, 2011, p.11),



Figura 12 - Eletromagnetismo no Projeto de um veículo (Extraído de CARDIA, 2011, p.17)

## 2.7 Diodos

O diodo semicondutor é um componente que pode comportar-se como condutor ou isolante elétrico, dependendo da forma como a tensão é aplicada aos seus terminais. Essa

característica permite que o diodo semicondutor possa ser utilizado em diversas aplicações. (WENDLING, 2011, p.1)

O diodo semicondutor é formado a partir da junção entre um semicondutor tipo p e um semicondutor tipo n (WENDLING, 2011, p.1), como segue na figura abaixo:

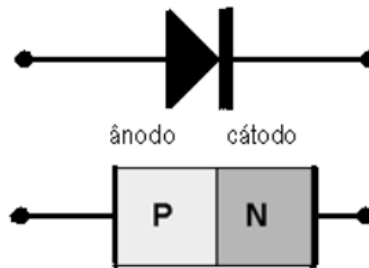


Figura 13 - Formação do diodo (Extraído de < <http://elee.ist.utl.pt/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaiques/Cellule/Analogie/PN.htm> > acesso em 06 de outubro de 2014)

O diodo semicondutor é representado em circuitos eletrônicos pela simbologia ilustrada acima. O terminal da seta representa o material p, denominado de anodo do diodo, enquanto o terminal da barra representa o material n, denominado de catodo do diodo. (WENDLING, 2011, p.4)

Segundo (WENDLING, 2011, p.5), a aplicação de tensão sobre o diodo estabelece a forma como o componente se comporta eletricamente. A tensão pode ser aplicada ao diodo pela polarização direta ou pela polarização inversa do componente.

### 2.7.1 Polarização direta

Na polarização direta ocorre quando o ânodo é submetido a um potencial positivo quando comparado ao cátodo do diodo. Nessa situação, o polo positivo da fonte repele as lacunas do material p em direção ao polo negativo, enquanto os elétrons livres do lado n são repelidos do polo negativo em direção ao polo positivo. (WENDLING, 2011, p.6)

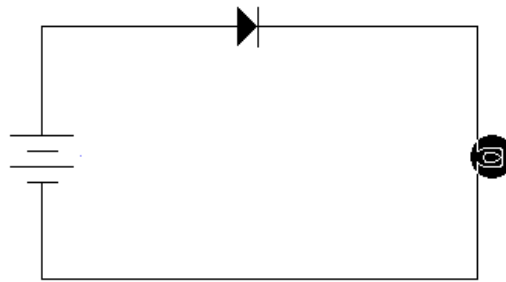


Figura 14 - Diodo em polarização direta

Observe na figura acima, que o diodo está em polarização direta e a representação da lâmpada acendendo, devido à condução pelo diodo.

### 2.7.2 Polarização Inversa

A polarização inversa de um diodo ocorre quando o cátodo fica submetido a um potencial positivo, quando comparado ao ânodo do componente. (WENDLING, 2011, p.7)

Nessa situação, os polos da fonte externa atraem os portadores livres majoritários em cada lado da junção; ou seja, elétrons do lado n e lacunas do lado p são afastados das proximidades da junção. (WENDLING, 2011, p.7)

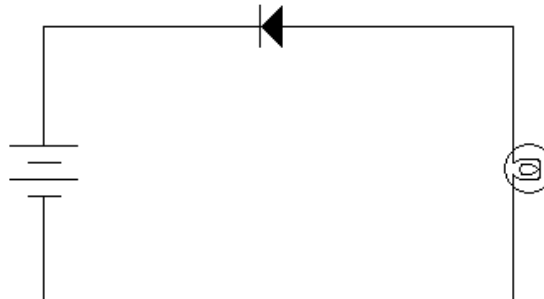


Figura 15 - Diodo em polarização Inversa

Observe que na figura o diodo está polarizado inversamente e não conduz eletricidade, assim a representação da lâmpada não acende, pois o diodo encontra-se em bloqueio.

### 2.7.3 Circuito Equivalente

Quando o diodo está polarizado diretamente entra em condução e equivale a um curto circuito, enquanto que, quando está polarizado reversamente equivale a um circuito aberto.

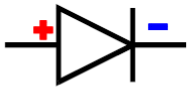
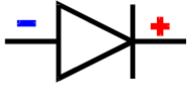
| Estado   | Polarização                                                                       | Circuito equivalente                                                               |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Condução |  |  |
| Bloqueio |  |  |

Figura 16 - Polarização e circuito equivalente (Extraído de < <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---diodo-semicondutor.pdf> > acesso em 6 de outubro de 2014)

#### 2.7.4 Curva Característica

A curva característica representa graficamente a corrente elétrica em função da tensão aplicada nos terminais do dispositivo. (MACHADO, 2014, p. 3)

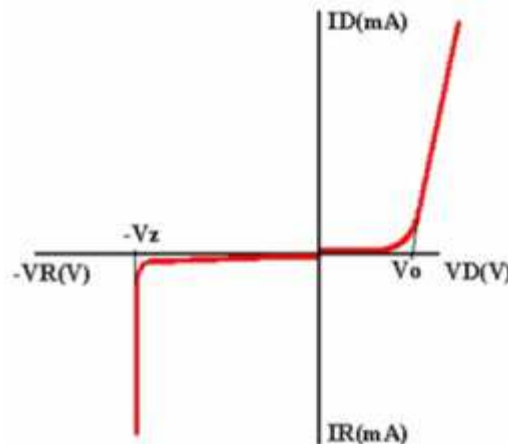


Figura 17 - Curva característica do diodo (Extraído de < <http://www.li.facens.br/~machado/lxo/materiais/Exp9.pdf> > acesso em 18 de novembro de 2014)

A curva característica do diodo mostra que na polarização direta só haverá corrente significativa, após vencida a barreira de potencial ( $V_o$ ) interna que impõem uma queda de tensão de aproximadamente 0,7 V entre os terminais. A partir desse ponto a corrente aumenta muito para pequenos acréscimos de tensão aplicada. Pode-se dizer que a tensão entre seus terminais permanece praticamente constante quando o diodo conduz. (MACHADO, 2014, p. 3)

Já quando a polarização é reversa, a corrente é praticamente nula até que se atinja certo valor de tensão, diferente para diferentes tipos de diodos, conhecida como (tensão de Break Down). A partir desse valor, inicia-se um processo de condução no sentido inverso. Diz-se que nesta condição o diodo está no estado de ruptura, pois foi vencida a barreira de potencial interna. (MACHADO, 2014, p. 3)

### 2.7.5 LED

LED é um acrônimo para diodo emissor de luz (*ligh emitting diode*). Os LED's também são diodos. O cátodo dos LED's sempre vem marcado com uma pequena parte plana ao longo da circunferência do encapsulamento, ou pelo terminal mais curto ou com alguma outra marca que o diferencia do outro terminal. (BASTOS, 2004, p. 6)

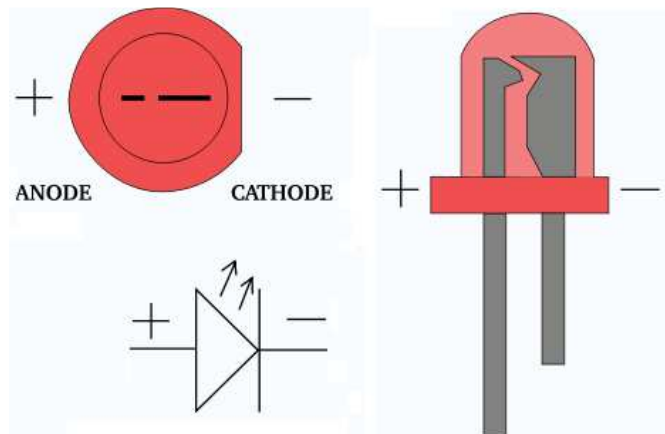


Figura 18 - LED (Extraído de < [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/%2B-\\_of\\_Led.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/%2B-_of_Led.svg) > acesso em 6 de outubro de 2014)

Os LED's normalmente devem ser usados com um resistor em série ou alimentados por uma fonte de corrente constante. Para a maioria das aplicações, uma saída de luz adequada é obtida com correntes entre 5 e 25 mA (LED's vermelhos) e correntes entre 10 e 40 mA (LED's verdes ou amarelos). Além da corrente de operação, os LED's necessitam de tensões mínimas para acenderem. Assim, os vermelhos necessitam de 1,6 V, os verdes de 2,1 V e os amarelos e laranja de 1,8 V. (BASTOS, 2004, p. 6)

## 2.8 Capacitores

O capacitor é constituído de dois elementos condutores, denominados de placas ou armaduras e são separadas por um elemento isolante, denominado de dielétrico. Dentre os diversos tipos de capacitores têm-se os seguintes tipos: capacitor de poliéster, de cerâmica, eletrolítico, de mica, a óleo, etc. (SOUZA, 2014)

Segundo (SOUZA, 2014), A capacitância é a capacidade do capacitor de armazenar carga elétrica e é medida em farads (F). A capacitância “resiste” às variações de tensão.

A capacitância de um capacitor depende diretamente da área de uma das placas, do tipo do dielétrico e depende inversamente da espessura do dielétrico. (SOUZA, 2014)

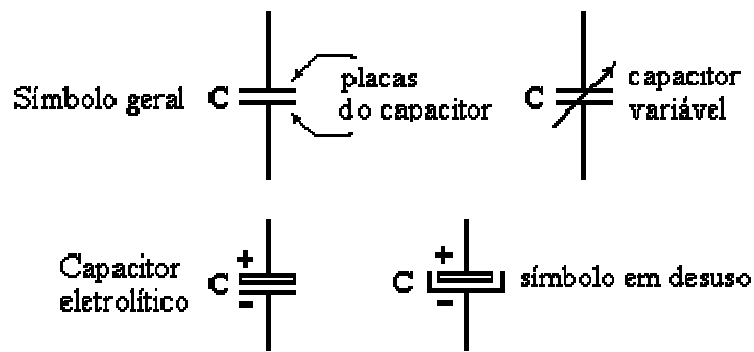


Figura 19 - Simbologia capacitores (Extraído de < <http://ivairsouza.com/capacitor1-site.html> > acesso em 6 de outubro de 2014)

### 2.8.1 Carga Do Capacitor

No momento em que a chave for fechada, o positivo da bateria retira elétrons da placa A e o negativo da bateria manda elétrons para a placa B. Assim que a tensão entre as placas do capacitor se tornar igual à tensão da bateria, não haverá corrente no circuito devido à tensão do capacitor se opor à tensão da bateria. (SOUZA, 2014)

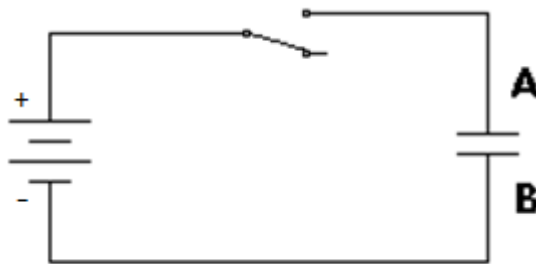


Figura 20 - Carga do Capacitor com interruptor

O capacitor carregará de forma instantânea. A corrente de carga será máxima no momento em que se liga a chave e mínima ou nula, quando a tensão no capacitor for igual à tensão da fonte. (SOUZA, 2014)

Para controlar o tempo de carga do capacitor é colocado em série com o capacitor um resistor, o tempo de carga depende diretamente do produto RC.

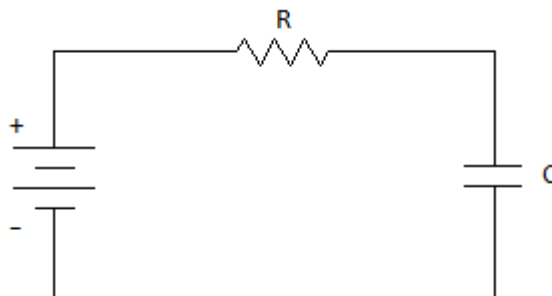


Figura 21 - Carga do Capacitor - Circuito RC

### 2.8.2 Descarga do Capacitor

Ao curto-circuitar os terminais de um capacitor carregado, o mesmo irá descarregar instantaneamente. Com o intuito de controlar o tempo de descarga, liga-se um resistor em paralelo com o capacitor, o tempo de descarga depende diretamente do produto RC. (SOUZA, 2014)

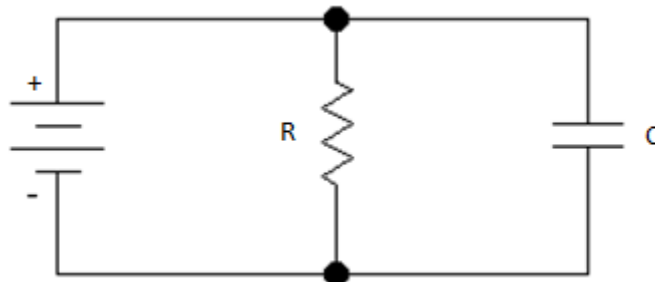


Figura 22 - Descarga do Capacitor - Circuito RC

### 2.8.3 Constante de tempo de um Circuito RC

De acordo com (CIRCUITO..., 2010, p. 4), A constante  $\tau = RC$  é chamada tempo característico do circuito ou constante de tempo do circuito. Na prática podemos verificar que:

$$1\,\Omega \times 1F = 1s$$

### 2.8.4 Curva de carga e descarga do capacitor

O gráfico abaixo representa as curvas de carga (vinho) e descarga (verde) de um capacitor, o gráfico foi construído pelo percentual de carga no capacitor em função do produto RC.

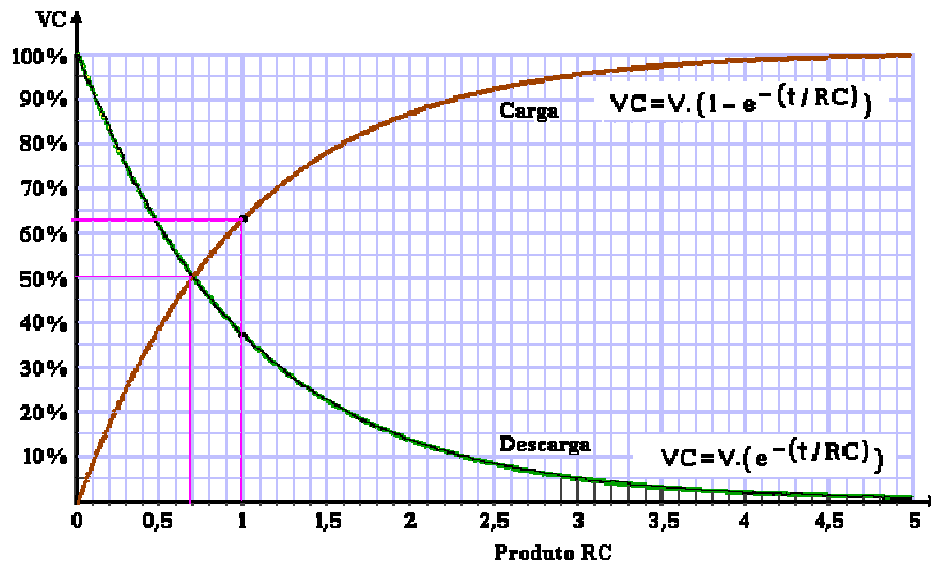


Figura 23 - Curvas de Carga e Descarga do capacitor (Extraído de < <http://ivairsouza.com/capacitor1-site.html> > acesso em 6 de outubro de 2014)

Como podemos ver na imagem acima, tanto para a carga, quanto para a descarga do capacitor, temos uma função exponencial. No início do processo, a tensão varia rapidamente num pequeno intervalo de tempo e no final do processo, a tensão varia lentamente num grande intervalo de tempo. (SOUZA, 2014)

Seguem abaixo as equações utilizadas para os cálculos de carga e de descarga de um capacitor:

### Equações para carga do capacitor

$$t = R \times C \times \ln\left(\frac{V}{V - VC}\right)$$

$$VC = V \times \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

Equação 2 - Equações para carga de um capacitor

Sendo:

$t$  = Tempo transcorrido após ligar a chave

$VC$  = Tensão do capacitor após um tempo  $t$

$V$  = Tensão da fonte

$e$  = Base do logaritmo neperiano (2,7182818...)

RC = Produto RC

### Equações para descarga do capacitor

$$t = R \times C \times \ln\left(\frac{V}{V_C}\right)$$

$$V_C = V \times (e^{-\frac{t}{RC}})$$

Equação 3 - Equações para descarga de um capacitor

Sendo:

$t$  = Tempo transcorrido após ligar a chave

$V_C$  = Tensão do capacitor após um tempo  $t$

$V$  = Tensão da fonte

$e$  = Base do logaritmo neperiano (2,7182818...)

RC = Produto RC

## 2.9 Indutores

Um indutor é essencialmente um fio condutor enrolado num formato helicoidal. Pode ser enrolado de forma autossustentada ou sobre um determinado núcleo. (LÍBERO; REDONDO; p. 139 e 140; 1996)

Os indutores são utilizados em circuitos elétricos, eletrônicos e digitais com a função de acumular energia através de um campo magnético, também serve para impedir variações na corrente elétrica. (PRINCIPIOS..., 2014).

Segue abaixo a simbologia de um indutor:



Figura 24 - Simbologia de um indutor

Ao circular uma corrente elétrica por um indutor surge um campo magnético ao redor dele, este é proporcional a corrente (acompanha as suas variações temporais), seja ela contínua ou alternada. Quando o indutor está sob influência de um campo magnético, ocorre o

inverso, é gerado uma corrente elétrica proporcional ao campo. (LÍBERO; REDONDO; p. 139 e 140; 1996) (PRINCIPIOS..., 2014).

Faraday descobriu que quando isso ocorre é gerada uma diferença de potencial proporcional à variação da corrente em um intervalo de tempo e ao número de espiras. (LÍBERO; REDONDO; p. 139 e 140; 1996) (PRINCIPIOS..., 2014).

Logo abaixo, temos a equação que define a grandeza L, chamada indutância. Ela é análoga à capacitância de um capacitor ou à resistência de um resistor e indica a dificuldade que o indutor coloca às variações da corrente. Ela depende apenas da geometria do indutor e do meio onde ele se encontra. (LÍBERO; REDONDO; p. 139 e 140; 1996) (PRINCIPIOS..., 2014).

$$V = L \frac{di}{dt}$$

Equação 4 - Equação tensão/indutância

Analisando-se a fórmula acima se observa que, quando a corrente for constante, não haverá diferença de potencial entre os terminais do indutor, sendo assim ele se torna um condutor (um curto-circuito). (LÍBERO; REDONDO; p. 139 e 140; 1996) (PRINCIPIOS..., 2014).

Para o estudo dos indutores, é importante também se lembrar da Lei de Lenz que diz que “toda corrente induzida gera um campo magnético que se opõe à variação do campo magnético indutor (ou gerador)”. Se o campo está aumentando no sentido norte, a corrente gera um campo norte também, se o campo diminui no sentido norte, a corrente gera um campo no sentido sul, provocando sempre a ação de frenagem. (LÍBERO; REDONDO; p. 139 e 140; 1996) (PRINCIPIOS..., 2014).

### 2.9.1 Força contra eletromotriz

Segundo (PRINCIPIOS..., 2014), a força contraeletromotriz, como o próprio nome diz é uma energia que age contra. Essa energia é um pico transitório que surge, dura um determinado tempo e desaparece, como resultado provoca interferências nos circuitos eletrônicos. A FCEM (Força contra eletromotriz) aparece nas indutâncias que existem nos circuitos, nas bobinas dos indutores, nos cabos, conectores e até nos terminais dos componentes e acontece no momento que se desliga a corrente que estava circulando por entre estes elementos.



### 3 DESENVOLVIMENTO

Com a implantação da inspeção veicular ambiental, inicialmente pela prefeitura de São Paulo, o índice de reprovação dos veículos era consideravelmente alto, muito devido à falta de manutenção preventiva (algo culturalmente brasileiro). Com isso elevou-se a necessidade de especialização das oficinas reparadoras independentes.

O aumento da necessidade de especialização implica na aquisição de equipamentos e conhecimentos específicos. No tocante a equipamentos, a aquisição de analisadores de gases, capazes de mensurar os gases produzidos pela combustão automotiva, e conhecimentos necessários para manusear o equipamento, como a interpretação das leis ambientais.

Em conjunto com a aquisição do novo equipamento, vêm as dificuldades na operação do mesmo. Os fabricantes fornecem o equipamento de análise de gases com um software específico que dita os passos do teste, simulando a rotina nos centros de inspeção, dessa forma facilita o cotidiano da oficina reparadora. O equipamento para análise de gases leva em consideração três variáveis que dependem do veículo:

A variável “gases de escape” que é obtida através de uma sonda conectada no escapamento do veículo e segue até a entrada de gases do equipamento medidor, exemplificando segue a figura abaixo:



Figura 25 - Técnico da CONTROLAR instalando a sonda para a leitura dos gases (Extraído de < <http://www.sempretops.com/informacao/controlar-inspecao-veicular-2012-inscricoes/> > acesso em 28 de maio de 2014)

A segunda variável é a “temperatura do motor”: Para que o teste seja iniciado, o motor do veículo deve estar em aproximadamente 80 °C. A medição pode ser efetuada através de uma sonda que é alocada no lugar da vareta de nível de óleo (Figura 25), ou através de um sensor infravermelho (Figura 26).



Figura 26 - Sonda de temperatura do óleo do motor (Extraído de < [http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id\\_product=607](http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id_product=607) > acesso em 28 de maio de 2014)



Figura 27 - Sensor infravermelho para a medição de temperatura (Extraído de < [http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id\\_product=607](http://www.rcmodelxtreme.com/product.php?id_product=607) > acesso em 28 de maio de 2014)

A terceira variável é a “rotação do motor”: Nesta etapa um sensor de rotação é conectado ao veículo, para efetuar a leitura da rotação do motor (imagem abaixo). Essa captação de rotação é o nosso objeto de estudo.



Figura 28 - Pinça indutiva instalada no cabo de vela número 1

Para realizar a análise de gases durante uma inspeção veicular, é necessário que as variáveis “temperatura” e “rotação” estejam dentro dos limites pré-estabelecidos na legislação ambiental.

### 3.1 Os Analisadores de gases

As medições dos níveis de emissões nos veículos leves do ciclo Otto são realizadas através da utilização de analisadores de gases do tipo infravermelho não dispersivo. (SENAI-SP, 2001, p 172)

No momento da análise, uma pequena parcela do gás de escapamento é coletada pela sonda do sistema de amostragem do analisador, passando por filtros e pelo separador de condensado. Por ação da pressão negativa da bomba de amostragem, o gás é levado ao sensor do aparelho (câmara óptica de medição), onde é atravessado por um feixe de radiação infravermelha. As concentrações de CO, HC e CO<sub>2</sub> são correlacionáveis com a quantidade de absorção de radiação registrada pelo detector do aparelho (SENAI-SP, 2001, p 172). Estas informações são apresentadas por um software para o técnico responsável e em alguns casos (Teste oficial) o próprio equipamento informa se o veículo está aprovado ou reprovado dentro das normas pré-estabelecidas no país.

O equipamento que realiza a análise dos gases pode ser utilizado para auxiliar para se obter um diagnóstico direto e rápido de certos defeitos, já que por meio das medições, pode-se verificar o funcionamento dos componentes de controle de emissões, a calibração dos sistemas de injeção e ignição e as condições mecânicas do motor. (SENAI-SP, 2001, p 172)

Estas máquinas que são utilizadas para as inspeções veiculares, devem estar preparadas para realização das medições conforme a regulamentação vigente no Brasil, que se baseia no procedimento básico de medição conhecido internacionalmente, com o veículo em marcha lenta e a 2500rpm sem carga. É justamente durante estas medições da rotação que encontramos algumas dificuldades, que podem retardar, ou até mesmo, impedir a análise. (SENAI-SP, 2001, p 173)

Os analisadores de gases fabricados no Brasil possuem um custo relativamente alto. Nós entramos em contato com algumas das principais empresas fabricantes para levantar estes preços: Alfatest (custo médio de R\$11000,00), Magneti Marelli (custo médio R\$10000,00) e Napro (R\$10500,00). Sendo que todos os equipamentos, geralmente são fornecidos com apenas uma forma de captura de rotação que é a pinça indutiva. Ou seja, não é possível fazer a leitura em veículos que não possuem cabos de vela. Para que o técnico consiga atender uma maior gama de veículos ele precisa adquirir outros tipos de captadores de rotação (por vibração, ruído, *ripple* da bateria e etc.), que segundo a nossa pesquisa representa um investimento em torno de 25% a 35%, a mais, do valor do equipamento. Como base seguem os valores: Alfatest (R\$3500,00), Magneti Marelli (R\$3500,00), Napro (R\$4000,00) e Tecnomotor (R\$4920,00). Um dos focos do nosso trabalho é justamente, desenvolver uma forma mais barata do que estes custosos equipamentos e mais eficiente que a pinça indutiva.

Mesmo com a variação de preço dos analisadores fabricados localmente, estes são construídos de forma similar, pois muitos dos fabricantes nacionais têm fornecedores comuns. A empresa Sensors fundada em 1969 é fornecedora de soluções para análise de gases e dentre seus equipamentos há um módulo composto por um banco de gases – responsável pela leitura dos gases, bomba de sucção – succiona os gases de escape para o banco de gases e uma placa de controle – responsável pelo controle dos equipamentos e interface com um computador além de ser o responsável pela leitura da temperatura do óleo e rotação. A rotação é o tema abordado nesta dissertação, e o cuidado maior é em saber a especificação do sinal de entrada de rotação para o analisador de gases. Como o equipamento fornecido pela empresa Sensors é comum a diversas empresas que fabricam analisadores de gases no Brasil, com a ferramenta desenvolvida neste trabalho pode-se alcançar uma grande compatibilidade com os equipamentos. As especificações para o sinal de rotação é limitada a 12 Vpp e o equipamento considera apenas o eixo positivo do sinal. (SENSORS, 2014)

### 3.2 Captação da rotação

O sensor de rotação que geralmente é fornecido com o equipamento de análise de gases é a pinça indutiva. Este sensor se apresenta instável em diversas motorizações, devido à baixa imunidade eletromagnética. Visto que é conectado em um dos cabos de vela do veículo e devido à proximidade com os demais cabos dos outros cilindros sua medição é comprometida. Quando o sensor de rotação apresenta-se instável, este não possibilita que a análise de gases prossiga, já que para a sua conclusão, a rotação deve ficar estável dentro dos limites estabelecidos, conforme a norma.

Durante as pesquisas realizadas, foi verificado a existência de um meio de captação de rotação através do parâmetro de rotação do sistema OBD (*“on-board diagnostic”*). Este sistema, atualmente, está presente em todos os veículos devido às normas de emissões de gases que exigem uma padronização mínima do diagnóstico. Uma das exigências do padrão OBDII é o conector de diagnóstico que deve ser igual em todos os veículos. Desta forma, ao conectar um equipamento ao veículo é possível verificar algumas informações do sistema de injeção, entre elas a rotação do motor. Sendo assim, os equipamentos que possuem a captação de rotação através deste sinal, não possuem os problemas de interferência eletromagnética (presente no cofre do motor) e não há a necessidade de tratamento do sinal, apenas a decodificação do sinal OBDII.

O sistema OBDII possui uma grande variedade de protocolos que podem ser aplicados em diversos veículos. Uma ferramenta de captação de rotação que utiliza o parâmetro de rotação deve possuir a capacidade de ler os diversos protocolos. Além disso, o início da aplicação do padrão OBDII no Brasil somente no final da década de 90 faz com que boa parte da frota (relativamente antiga) que é inspecionada anualmente, tenha a necessidade da utilização de outras formas de captação de rotação. Portanto, neste trabalho foi optado por não estudar a fundo esta forma de captação.

O sensor tomado como objeto de estudo (pinça indutiva) é o mais popular e acessível economicamente. Há outros sensores disponíveis no mercado, porém são mais complexos e mais caros. O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma forma de tornar este sensor mais eficiente e menos suscetível a interferências. Além disso, a pinça indutiva necessita da presença de cabos de velas, que em motores mais modernos já não os possuem. Proporemos também uma forma alternativa de medição de rotação nestas situações, onde os veículos não possuem cabos de vela.

### 3.2.1 Sinal ideal

Para enquadrarmos um sinal de rotação como ideal, deve-se manter a amplitude e o período estáveis, e menos suscetíveis a interferências eletromagnéticas.

Observe na figura a seguir, o que consideramos como sendo um sinal ideal:

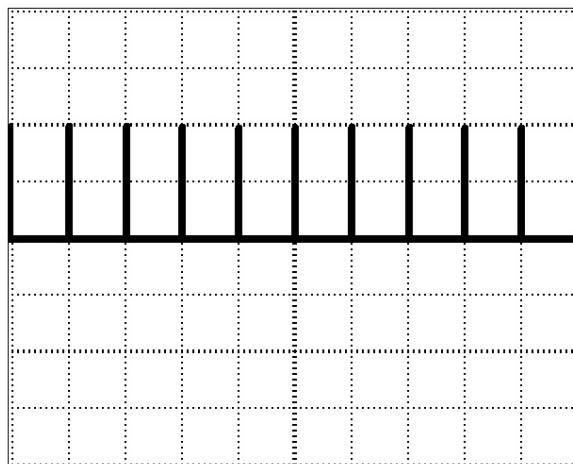


Figura 29 - Sinal ideal para a medição da rotação

Nota-se acima um sinal com período constante, fator primordial para que a interpretação de rotação seja efetuada corretamente.

Com base neste sinal iremos demonstrar o cálculo utilizado para encontrar a rotação do motor.

### 3.2.2 Cálculo da rotação

Primeiramente deve-se definir o período a ser analisado, tomemos como exemplo a figura 28.

Analisando o sinal da figura 28, e supondo que período selecionado no osciloscópio seja de 100 ms, teremos a fórmula abaixo:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{100ms} = 10Hz$$

Equação 5 - Cálculo da frequência

Sendo:

$T$  = período

$f$  = frequência

Após encontrarmos a frequência devemos convertê-la para rotação, para isso devemos aplicar a relação matemática abaixo:

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo/s}$$

Equivalente a:

$$1 \text{ Hz} = 60 \text{ ciclos/min}$$

Aplicando a relação matemática citada:

$$f = 10 \text{ Hz} \times 60 \text{ ciclos/min} = 600 \text{ rpm}$$

Encontramos que a frequência de 10 Hz equivale a 600rpm. Porém, deve-se aplicar um fator de correção que é dependente da configuração do motor utilizado. Neste trabalho abordamos o estudo focado em motores de ciclo Otto de quatro tempos.

### 3.2.2.1 Fator de correção

O fator de correção é o número utilizado para calcular a rotação real do veículo a partir de um período captado.

Para calcular esse fator é necessário conhecer o intervalo médio entre os sinais medidos, considerando o local de medição (bobina, cabo de vela ou injetor), a configuração do motor (número de cilindros e o número de tempos do motor).

Podemos considerar como exemplo, uma das medições mais comuns que é a realizada no cabo de vela do primeiro cilindro de um motor de quatro tempos. Neste caso o cálculo é realizado como se fosse um motor de apenas um cilindro.

Segundo (QUEIROZ, 2014), a fórmula utilizada para o cálculo do intervalo médio entre as ignições é a seguinte:

$$IM = \frac{180 \times nt}{n}$$

Equação 6 - Cálculo do Intervalo médio de um sinal em um motor

Onde:

$IM$  = Intervalo médio (em graus)

$nt$  = Número de tempos do motor

$n$  = Número de cilindros do motor

Para o exemplo citado acima, segue o cálculo:

$$IM = \frac{180 \times 4}{1}$$

$$IM = 720^\circ$$

Ou seja, a cada 720° temos uma ignição.

Para calcular o fator de correção (Fc) é necessário saber quantas vezes o intervalo médio, ou o sinal da ignição, se repete em uma volta completa (360°).

$$Fc = \frac{1 \text{ volta (em graus)}}{Im}$$

$$Fc = \frac{360}{720} = 0,5$$

Portanto, o fator de correção da rotação para um motor monocilíndrico de quatro tempos é 0,5.

Com base nesta fórmula, elaboramos as seguintes tabelas com os valores dos fatores de correção para os motores comerciais mais conhecidos.

| Tabela A - Motores quatro tempos |                          |                        |
|----------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Nº de Cilindros                  | Intervalo médio do sinal | Fator de correção (Fc) |
| 1                                | 720°                     | 0,5                    |
| 2                                | 360°                     | 1                      |
| 3                                | 240°                     | 1,5                    |
| 4                                | 180°                     | 2                      |
| 5                                | 144°                     | 2,5                    |
| 6                                | 120°                     | 3                      |
| 8                                | 90°                      | 4                      |
| 10                               | 72°                      | 5                      |
| 12                               | 60°                      | 6                      |

| Tabela B - Motores dois tempos |                          |                        |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Nº de Cilindros                | Intervalo médio do sinal | Fator de correção (Fc) |
| 1                              | 360°                     | 1                      |
| 2                              | 180°                     | 2                      |
| 3                              | 120°                     | 3                      |
| 4                              | 90°                      | 4                      |

Tabela 2 - Fatores de correção da rotação para motores comerciais – (A) Motores quatro tempos e (B) Motores dois tempos

Vale lembrar que o Fator de correção, neste caso, está diretamente relacionado com o local da medição. Pois em um mesmo motor, dependendo do local onde o sinal está sendo captado, podemos utilizar o fator de correção para apenas um cilindro ou para a totalidade de cilindros. Por exemplo: Em um motor de quatro cilindros de quatro tempos, quando a captação do sinal é realizada no sinal de ignição da bobina ou no cabo que sai da bobina para o distribuidor, o fator de correção é 2. Porém, quando a medição é realizada diretamente no cabo de vela de um dos cilindros, devemos considerar que esta medição é idêntica à realizada em um motor monocilíndrico, ou seja, o fator de correção a ser utilizado é 0,5.

Como o foco principal do nosso trabalho são os motores quatro tempos e visando uma maior praticidade do técnico responsável pela medição da rotação, elaboramos a tabela a seguir.

| Fator de Correção pelo local de captação - Motores 4 tempos |                            |                      |                                 |                                      |                                        |                         |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|
| Número de cilindros                                         | Local de captação do sinal |                      |                                 |                                      |                                        |                         |
|                                                             | Injetor monoponto          | Injetores Multiponto | Sinal de ignição (bobina comum) | Sinal da ignição (bobina individual) | Cabo de saída da bobina p/distribuidor | Cabo de vela (cilindro) |
| 1                                                           | 0,5                        | 0,5                  | 0,5                             | 0,5                                  | 0,5                                    | 0,5                     |
| 2                                                           | 1                          | 0,5                  | 1                               | 0,5                                  | 1                                      | 0,5                     |
| 3                                                           | 1,5                        | 0,5                  | 1,5                             | 0,5                                  | 1,5                                    | 0,5                     |
| 4                                                           | 2                          | 0,5                  | 2                               | 0,5                                  | 2                                      | 0,5                     |
| 5                                                           | 2,5                        | 0,5                  | 2,5                             | 0,5                                  | 2,5                                    | 0,5                     |
| 6                                                           | 3                          | 0,5                  | 3                               | 0,5                                  | 3                                      | 0,5                     |
| 8                                                           | 4                          | 0,5                  | 4                               | 0,5                                  | 4                                      | 0,5                     |
| 10                                                          | 5                          | 0,5                  | 5                               | 0,5                                  | 5                                      | 0,5                     |
| 12                                                          | 6                          | 0,5                  | 6                               | 0,5                                  | 6                                      | 0,5                     |

Tabela 3 - Fator de correção em função do local da captação

Através desta tabela, é possível identificar rapidamente qual é o fator de correção a ser utilizado, em função do local da captação da rotação.

### 3.2.2.2 Valor da Rotação real

A rotação medida ( $R_m$ ) é a que calculamos com base no sinal apresentado pelo osciloscópio. Porém, como vimos é necessário aplicar o fator de correção para o cálculo da rotação real ( $R_r$ ).

Com base nessa informação, devemos dividir a Rotação Medida ( $R_m$ ) pelo fator de correção ( $F_c$ ) para encontrar a Rotação Real ( $R_r$ ).

$$R_r = \frac{R_m}{F_c}$$

Equação 7 - Cálculo da Rotação Real

Utilizando o exemplo dado no início do capítulo sobre o sinal ideal, onde frequência medida do sinal da ignição era de 10Hz, o cálculo da rotação do motor seria:

$$R_m = 10 \times 60 \text{ ciclos/min} = 600\text{RPM}$$

$$Rr = \frac{Rm}{Fc} = \frac{600}{0,5}$$

$$Rr = 1200rpm$$

No sinal dado como exemplo, onde a frequência seria de 10Hz a rotação real do motor seria de 1200 rpm.

### 3.3 Medições iniciais

A partir dos cálculos demonstrados, iniciamos a obtenção e a análise do sinal, com o objetivo de torná-lo o mais próximo possível do ideal.

Para os nossos testes, foram utilizados os seguintes equipamentos: Osciloscópio de dois canais, multímetro com pinça (para a comparação da rotação), pinça indutiva utilizada em um analisador de gases, pontas de prova, caneta de polaridade e componentes elétricos. Todos os testes foram efetuados no veículo GOL 1000 i, com motorização 1.0 CHT e sistema de injeção EEC IV, disponível como material didático na Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Santo André.

Primeiramente, será apresentado o sinal captado com a pinça indutiva.

#### 3.3.1 Pinça indutiva

Analisando a imagem seguir, nota-se que o sinal se apresenta de forma instável, com amplitudes e períodos também variados. Essa incoerência se dá devido à proximidade entre os cabos, somada a ineficiência da pinça em questão.

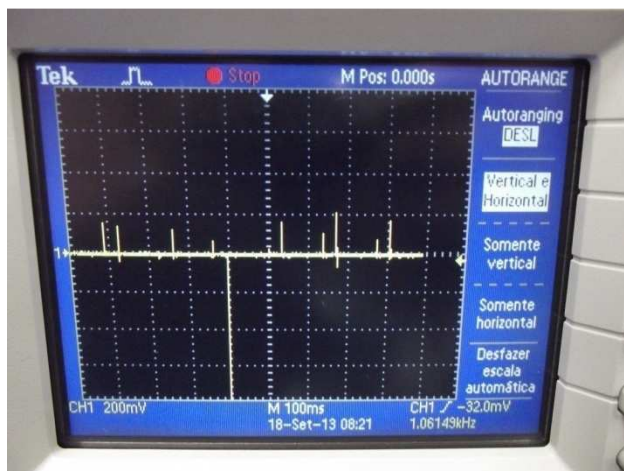


Figura 30 - Medição de rotação instável

Em função da variação do período, a rotação medida pelo equipamento se torna instável e imprecisa, visto que o seu cálculo é dependente da informação do período.

Ao visualizar o gráfico acima, foi possível perceber que os demais cabos estavam influenciando nas leituras. A partir daí, a primeira “estratégia” foi tentar efetuar a blindagem do sistema utilizando folhas de papel alumínio, conforme imagens abaixo:



Figura 31 - Tentativa de blindagem - Somente cabo de vela



Figura 32 - Tentativa de blindagem - Pinça + Cabo de vela

Como é possível visualizar nas Figuras 30 e 31, o papel alumínio foi colocado em volta apenas do cabo de vela e em volta do cabo de vela e da pinça, nestas duas situações os testes foram realizados com e sem o aterramento da “blindagem”. Porém, em nenhum dos casos se houve um ganho significativo.

Após isso, partiu-se para outras hipóteses, e durante os testes, foi possível perceber que a captação do sinal de rotação é dependente do posicionamento da pinça indutiva, pois esta sofre interferência dos outros cabos de vela. Nas experiências realizadas, o melhor rendimento da pinça deu-se na situação em que era possível isolar o cabo de vela selecionado para a medição, mantendo a maior distância possível dos cabos de vela adjacentes (Figura 32 – B). Nas imagens a seguir, é possível visualizar, a pinça posicionada próximo aos outros cabos de vela (A) e na imagem (B), a pinça separada dos demais.

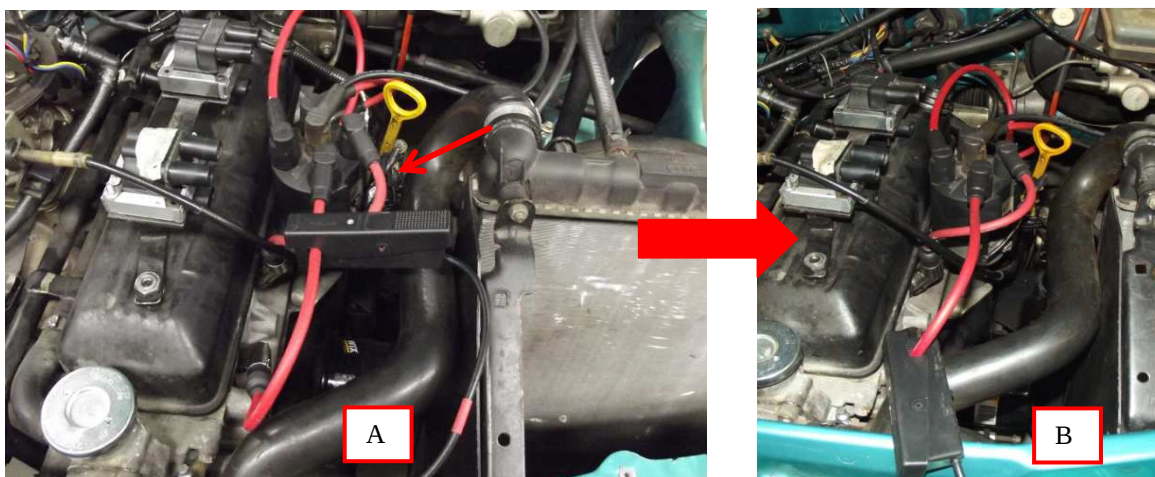


Figura 33 – Comparativo entre posicionamentos da Pinça indutiva – (A) Posicionamento inadequado (B) Pinça melhor posicionada

Com a mudança no posicionamento demonstrado nas figuras anteriores, foi mensurado o sinal mostrado na (Figura 33 – D) abaixo, que apesar de não ser o sinal ideal, mostra maior qualidade quando comparado ao sinal da Figura 33 - C. Esta evolução deve-se exclusivamente ao posicionamento da pinça indutiva.

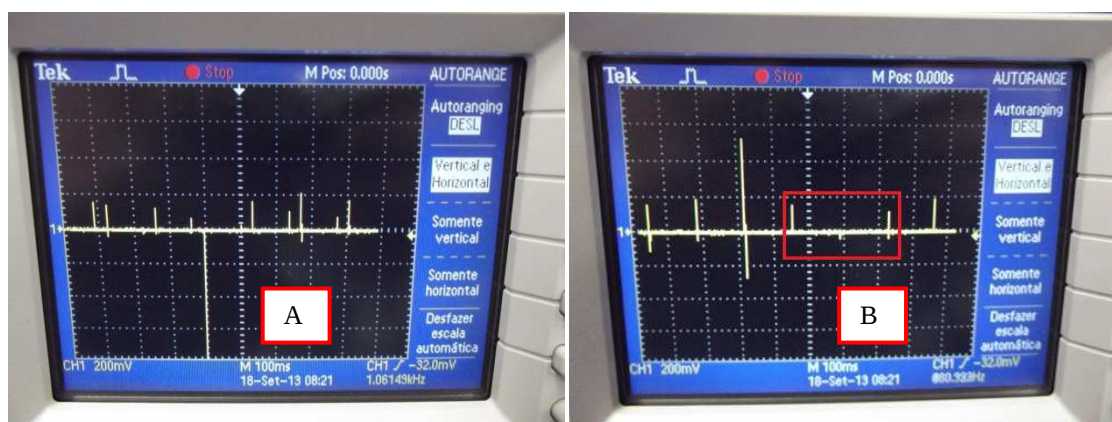


Figura 34 – Comparação entre sinais captados antes e depois do reposicionamento da pinça – (A) Pinça posicionada próxima aos demais cabos (B) Após a correção do posicionamento

Os sinais acima foram captados com o veículo em marcha lenta e estável. Na imagem D, conseguimos visualmente notar que os períodos estão bem definidos, com exceção da região destacada em vermelho. Nota-se que na região destacada, temos um momento onde o sinal lido não possui parcela positiva, apenas uma pequena parte negativa. Conforme mencionado anteriormente, o receptor do sinal de rotação no analisador de gases considera apenas o eixo positivo do sinal. Sendo assim, o período destacado corresponde ao dobro dos demais apresentados na tela do osciloscópio. Quando há uma variação no período, ocorre uma imprecisão na medição de rotação.

Para calcularmos a rotação neste período destacado, onde não é possível visualizar o eixo positivo do sinal, aplicaremos a mesma fórmula utilizada para o sinal ideal.

### 3.2.4 Cálculo da Rotação Real medida no veículo

Durante estas medições, para efeito de comparação, utilizamos um multímetro para a leitura da rotação real. Durante a captação demonstrada na Figura 33, a rotação estava variando em torno de 900rpm, como podemos ver na imagem abaixo:



Figura 35 - Rotação medida pelo multímetro

Ainda utilizando o mesmo sinal (Figura 33 - B), que foi captado com a pinça indutiva posicionada corretamente para o melhor rendimento, agora demonstraremos os cálculos realizados para definir a rotação no **período destacado** e a rotação real do veículo no momento do teste.



Figura 36 - Perda do sinal de rotação

Partindo da Equação 4, onde:

$$f = \frac{1}{T}$$

E considerando o período destacado na Figura 35, que possui 260 ms, teremos:

$$f = \frac{1}{260}$$

$$f = 3,84 \text{ Hz}$$

Para converter frequência (Hz), para rotação por minuto (rpm), deve-se multiplicar por 60, visto que:

$$1 \text{ Hz} = 1/s .$$

Então,

$$3,84 \text{ Hz} \times 60 = 230 \text{ rpm}$$

Como se trata de um motor de quatro tempos e o local de medição foi o cabo da vela do primeiro cilindro, devemos utilizar o fator de correção correspondente, que é 0,5 (vide tabela 3). Aplicando a fórmula da Rotação real (Equação 6) temos:

$$Rr = \frac{Rm}{Fc} = \frac{230}{0,5}$$

$$Rr = 460 \text{ rpm}$$

Nota-se com os cálculos acima, que o período selecionado na Figura 35 não está correto, já que a rotação obtida de 460 rpm não corresponde à rotação real do motor que era em torno de 900rpm (Figura 34). Desta forma, se estivéssemos no decorrer de um teste de análise de gases, com esta variação de rotação, teríamos problemas de leitura e, provavelmente, um atraso do teste ou, até mesmo, a sua interrupção. Esse tipo de problema, pode se tornar ainda mais comum, se considerarmos o sinal apresentado na Figura 33 - A, que está repleto de interferências, devido ao posicionamento “incorreto” da pinça.

Será efetuado o cálculo agora, utilizando outro período do mesmo sinal, período este, destacado na Figura 36 (abaixo).

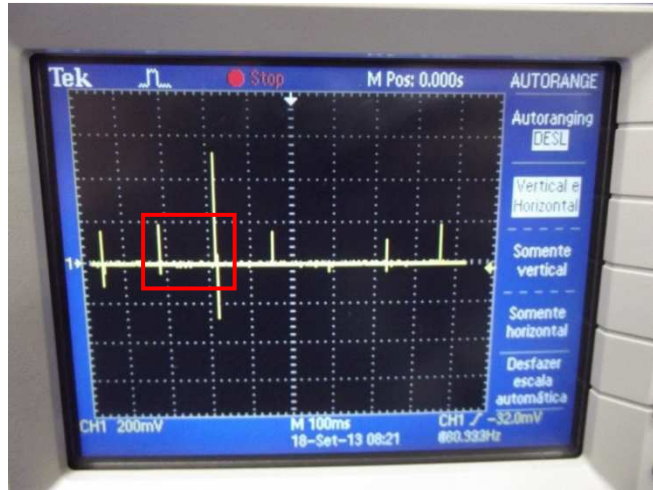


Figura 37 - Sinal de rotação - Período sem problema

O período destacado corresponde a aproximadamente 140ms. Assim sendo, segue abaixo o mesmo cálculo aplicado anteriormente:

$$f = \frac{1}{140ms}$$

$$f = 7,14 \text{ Hz}$$

Como,

$$1 \text{ Hz} = 1/s$$

Logo,

$$Rm = 7,14 \times 60$$

$$Rm = 428,4 \text{ rpm}$$

Como os dados da captação, motor e local de medição são os mesmos, devemos utilizar o mesmo fator de correção: 0,5.

$$Rr = \frac{Rm}{Fc} = \frac{428,4}{0,5}$$

$$Rr = 857 \text{ rpm}$$

Analisando este período, o resultado da Rotação real (Rr), foi totalmente plausível, visto que a rotação real do motor girava em torno de 900rpm. Lembrando que é impossível manter a rotação de um motor de combustão interna totalmente estável, devido a diversas variações na qual este está submetido.

### 3.2.5 Melhorando o sinal

O maior objetivo do trabalho é transformar o sinal exemplificado na Figura 33 - D abaixo, em um sinal o mais próximo possível do ideal (Figura 33 – C).

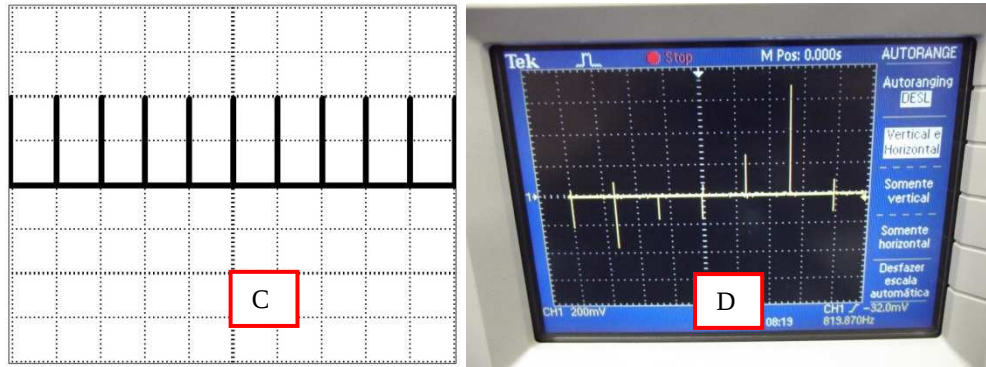


Figura 38 - Comparação do sinal ideal (C) com o sinal real (D)

Considerando o sinal da Figura 37 - D acima demonstrado e que o software do equipamento de análise de gases considera apenas o eixo positivo do sinal analisado, teremos de pensar em uma forma de retificar o eixo negativo do sinal, além de pensar em uma forma de reduzir as interferências e fazer com que o sinal apresente períodos equalizados, de acordo com a rotação medida.

Para transformar o sinal obtido em um sinal mais homogêneo e de análise mais eficiente será proposto, inicialmente, utilizar os conceitos de retificação de onda completa, observe o esquemático a seguir:

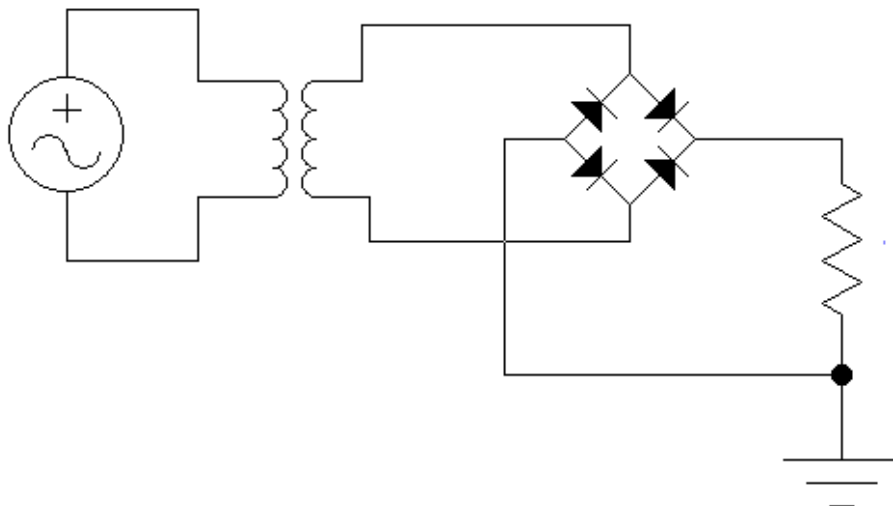


Figura 39 - Circuito de retificação de onda completa

A imagem acima representa o circuito de retificação de onda completa, este circuito foi selecionado devido ao seu princípio de funcionamento. Foi feita uma analogia com a

retificação de onda completa de um sinal senoidal alternado com o sinal captado pela pinça indutiva, após a realização de testes observou-se que o conceito utilizado é válido para as duas situações.

O circuito da Figura 38 acima tem como entrada o sinal exemplificado abaixo.

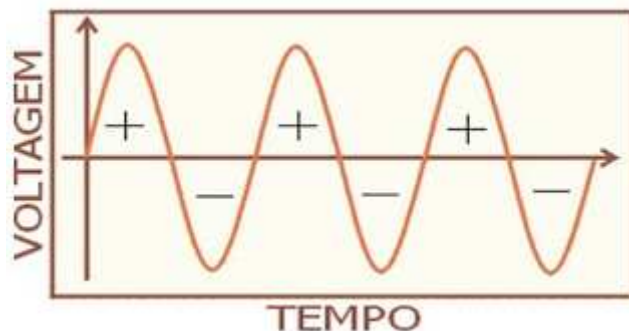


Figura 40 - Onda senoidal alternada (Extraído de < <http://naciencias.blogspot.com.br/2010/11/eletroquimica.html> > em 4 de novembro de 2014)

Quando a ponte retificadora é utilizada para retificar um sinal senoidal alternado, esta se comporta como nas figuras abaixo:

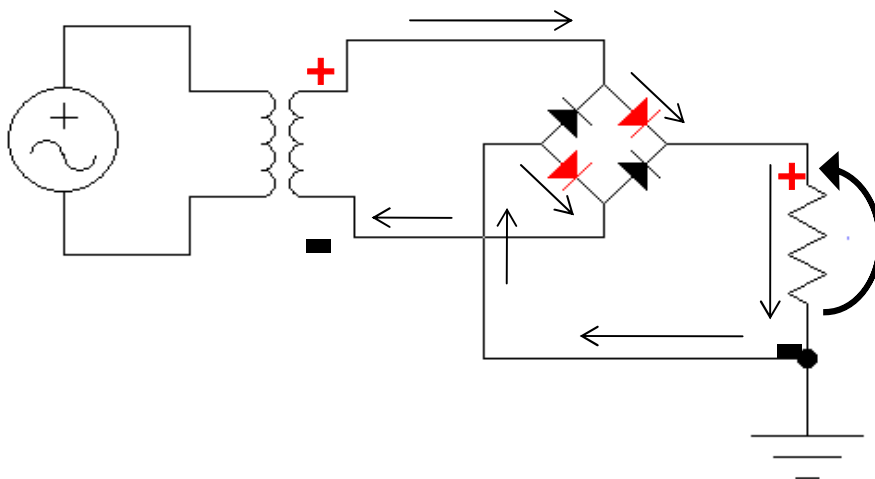


Figura 41 - Funcionamento do circuito retificador de onda senoidal no 1º sentido

No semiciclo positivo (exemplificado na Figura 40), os diodos destacados em vermelho estão em condução, enquanto os diodos em preto estão em corte. As setas indicam o sentido que a corrente percorre.

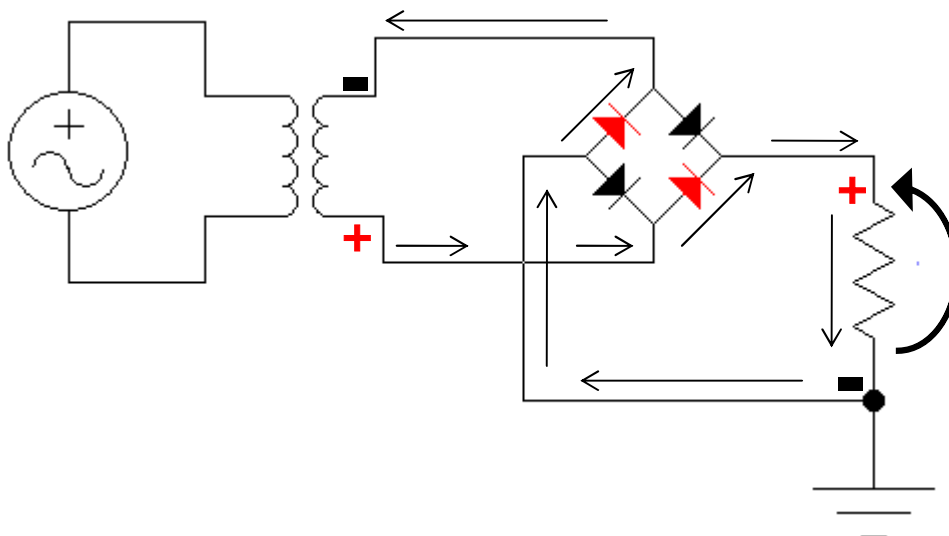


Figura 42 - Funcionamento do circuito retificador de onda senoidal no 2º Sentido

No semiciclo negativo (exemplificado na Figura 41), onde a corrente percorre no sentido oposto, note que neste momento, os diodos destacados em vermelho, que estão em condução, são os que estavam em corte anteriormente, enquanto que os diodos que estavam em condução, agora estão em corte. Ou seja, a inversão do sentido da corrente, proporciona a inversão do papel dos diodos.

Observe que a corrente e consequentemente a queda de tensão no resistor de carga tem sempre o mesmo sentido, assim o sinal de tensão na carga é como o exemplificado abaixo:

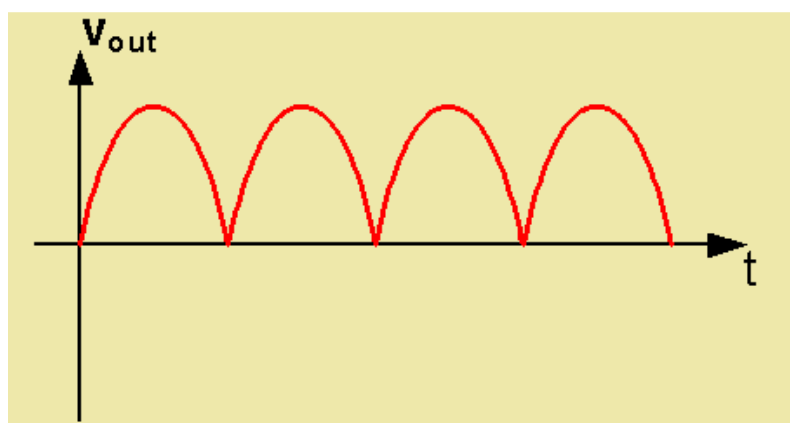


Figura 43 - Forma de onda da tensão CC de saída após o Retificador de Onda Completa (Em <[http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/moreinfo/2\\_16\\_0\\_DiodeLab.html](http://macao.communications.museum/por/exhibition/secondfloor/moreinfo/2_16_0_DiodeLab.html)> Acesso em: 28 de outubro de 2014)

Na figura 43, temos o sinal gerado pela pinça indutiva após o pulso de ignição, tomamos este sinal como exemplo para a entrada do circuito retificador.

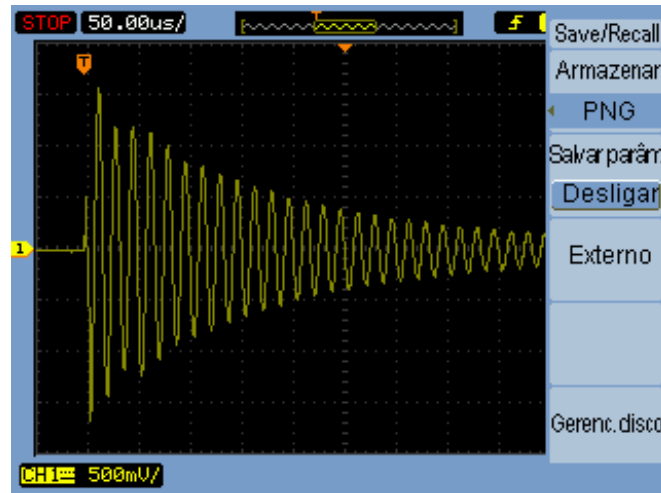


Figura 44 - Pulso de ignição captado pela pinça indutiva no cabo de vela

Notam-se semelhanças quando analisamos o sinal senoidal em corrente alternada, apresentado para elucidar os conceitos de retificador de onda completa e o sinal captado pela pinça indutiva, inclusive a defasagem de  $90^\circ$ .

Dessa forma foi montado o circuito, exemplificado no esquemático abaixo:

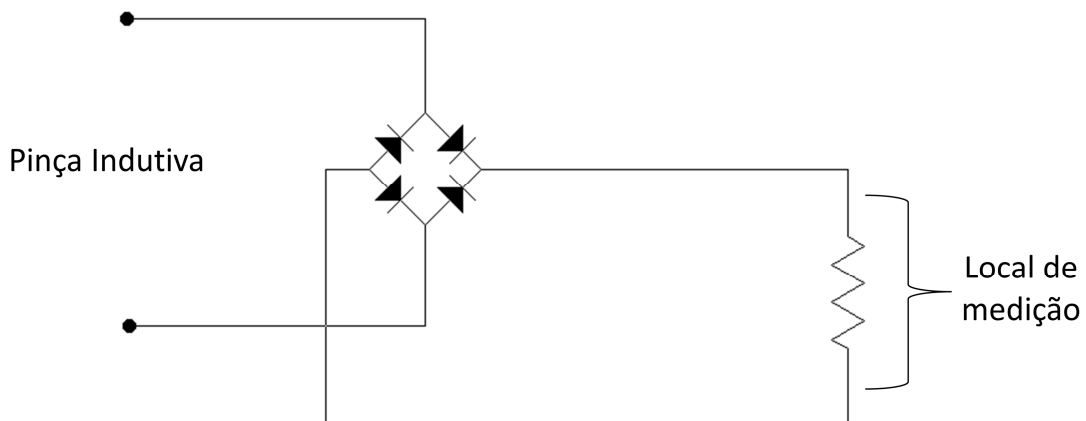


Figura 45 - Retificador de onda completa e resistor para medições iniciais

Confira na imagem abaixo o sinal captado a partir do circuito montado utilizando a ponte retificadora (Figura 45), observe que o sinal possui apenas o eixo positivo. Os picos de tensão referentes ao pulso de ignição podem ser facilmente identificados, apesar destes valores de pico destoarem uns dos outros. No sinal mensurado, há uma oscilação elevada que interfere na leitura do sinal de rotação.

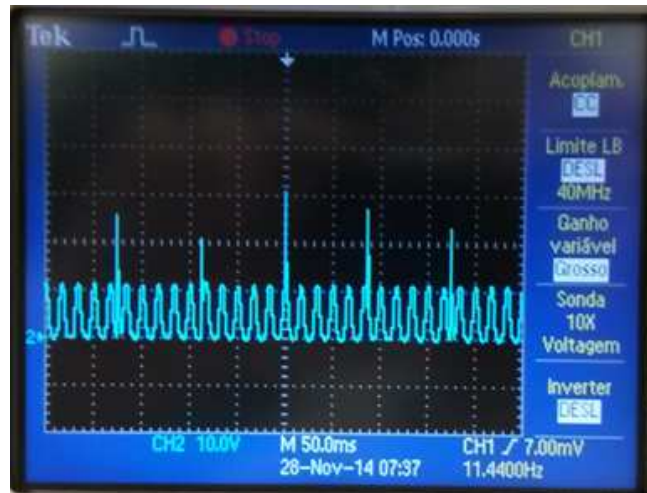


Figura 46 - Sinal resultante do circuito com a ponte de diodos

Com base no circuito retificador apresentado anteriormente e com o intuito de reduzir a oscilação presente no sinal, foi incluído um capacitor. O capacitor foi colocado em paralelo ao resistor, como segue abaixo:

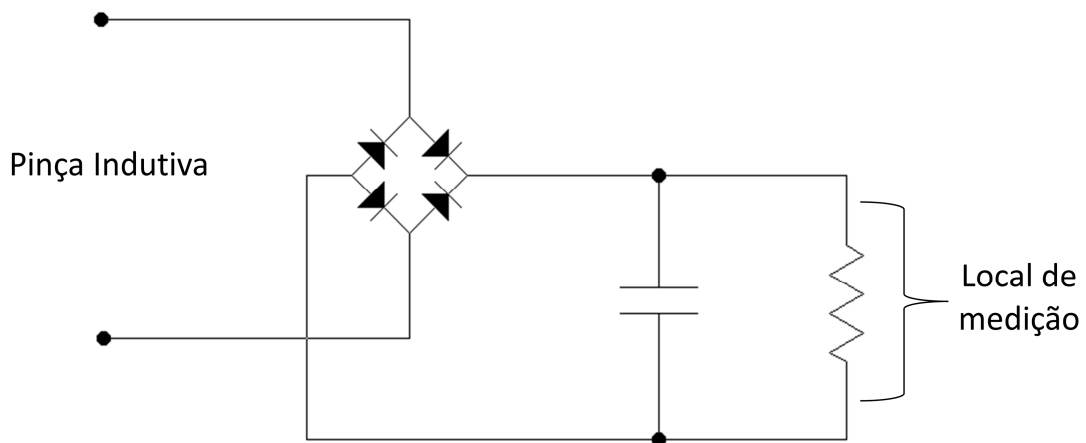


Figura 47 - Retificador de onda completa com capacitor em paralelo ao resistor

Através do circuito acima, obteve-se o sinal apresentado na Figura 47, observamos que não houve perdas de sinal e que os picos dos pulsos de ignição (setas em vermelho) podem ser observados, porém não se obteve ganhos significativos no tocante a oscilação indesejada. Como foi utilizado o conceito de retificação de onda completa o potencial do pulso foi elevado, mas o mesmo aconteceu com a oscilação indesejada e o fato de utilizar a ponte de diodos há uma atenuação de 2,8 V referente às quedas de tensão dos diodos.



Figura 48 - Sinal resultante do circuito com a ponte de diodos e com capacitor em paralelo com o resistor

Na configuração do circuito, onde o capacitor está em paralelo com o resistor, utilizamos o tempo de descarga como base para os cálculos dos valores de resistor e capacitor, visto que no circuito exemplificado acima a carga do capacitor é realizada de forma instantânea quando há passagem de corrente pelo circuito e o tempo de descarga é controlado pelo conjunto RC.

Para o cálculo dos valores do capacitor e do resistor consideramos que para uma constante de tempo RC, o capacitor descarrega 63,2%, enquanto que para cinco vezes a constante RC, corresponde a descarga de 99,3%.

A rotação durante o teste oficial de análise de gases é feita em marcha lenta, por volta de 800 rpm, e em aceleração, por volta de 2500 rpm. Porém, como o equipamento também é utilizado para calibração de motores, temos de priorizar uma gama abrangente de rotação, ou seja, rotações até a faixa entre 6000~7000 rpm.

Consideremos que:

$$F = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{F}$$

e

$$1 \text{ Hz} = 60 \text{ rpm}$$

Sendo assim:

$$\frac{7000}{60} = 116,67 \text{ Hz}$$

$$\frac{1}{116,67 \text{ Hz}} = 8,57 \text{ ms}$$

Como demonstrado acima, rotações de 7000 rpm correspondem a uma frequência de 116,67 Hz e períodos de 8,57 ms, a escolha do conjunto RC deve atender até essa faixa de rotação. Devido a isso, juntamente com os valores de capacitores e resistores disponíveis em mercado e após testes com alguns valores disponíveis, encontramos na configuração com capacitor de 220pF e resistor de 10MΩ o melhor rendimento em testes.

No circuito apresentado abaixo o tempo de descarga considerando uma constante RC, é de 2,21 ms.

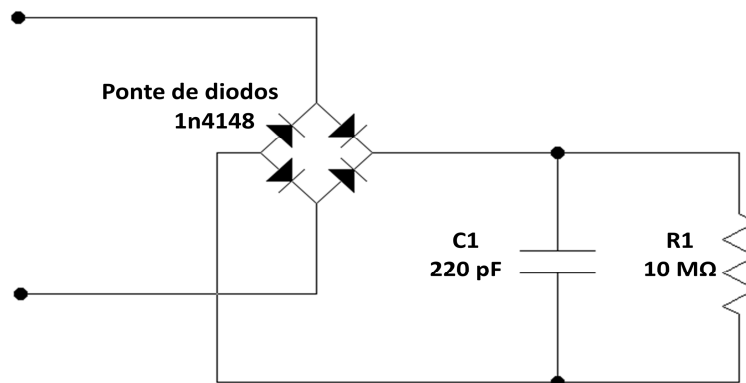


Figura 49 - Projeto de Circuito de retificação com descrição de componentes

Analizando o sinal gerado pelo circuito de quatro diodos e conhecendo a necessidade do sinal para a captação de rotação. Chegou-se a conclusão de que não é necessária a retificação completa do sinal, pois a retificação completa diminui o potencial dos pulsos captados pela pinça indutiva devido à queda de 2,8V, provocada pelo uso dos quatro diodos. Outro fato relevante é que a retificação de onda completa provoca, neste caso, um aumento indesejado do potencial do ruído presente no sinal captado pela pinça indutiva.

Com base nesta informação e com o intuito de tornar o sinal resultante do tratamento mais legível pelo equipamento (com menos ruído e consequentemente, mais fácil de identificar o pulso de ignição) será proposta a retificação de meia onda. Vejamos os conceitos:

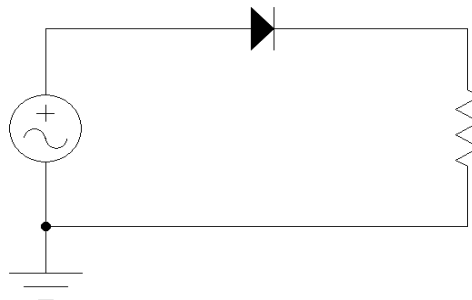


Figura 50 - Circuito de retificação de onda completa

A imagem acima representa o circuito de retificação de meia onda, este circuito foi selecionado devido ao seu princípio de funcionamento.

Observe a imagem abaixo, que demonstra o funcionamento do retificador de meia onda.

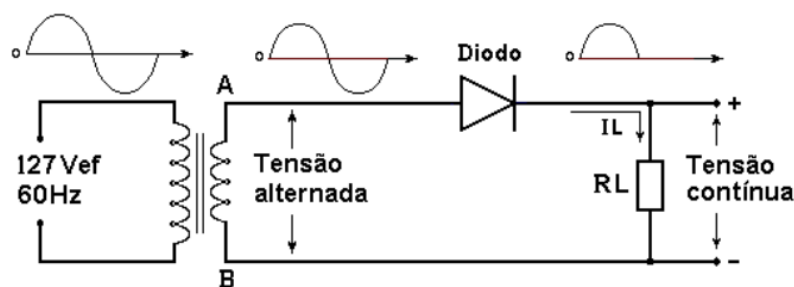


Figura 51 - Funcionamento de um retificador de meia onda (Extraído de < [http://ivairsouza.com/circuitos\\_retificadores.pdf](http://ivairsouza.com/circuitos_retificadores.pdf) > acesso em 29 de novembro de 2014)

Quando o ponto A é “positivo” em relação ao ponto B, o diodo está polarizado diretamente e conduz. Quando o ponto A é “negativo” em relação ao ponto B, o diodo está polarizado inversamente e não conduz. Tem-se corrente no resistor  $R_L$  apenas no semiciclo positivo. Diz-se que o retificador de meia onda tem baixa eficiência, devido à “perda” de uma parte do sinal. Porém, para este trabalho, ele atende tranquilamente o objetivo.

Na imagem abaixo, temos um exemplo de um gráfico resultante da retificação de meia onda.

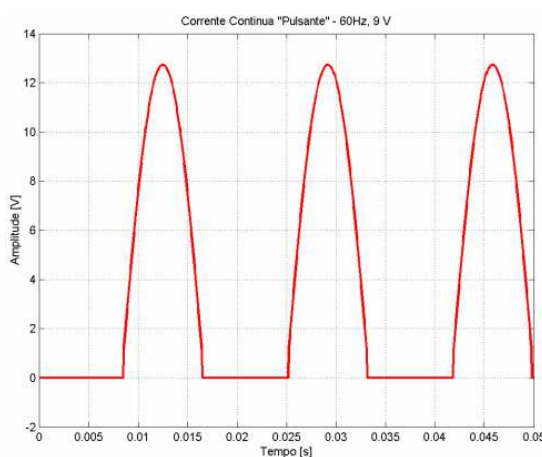


Figura 52 - Gráfico resultante da retificação de meia onda (Extraído de < <http://coral.ufsm.br/desp/luizcarlos/aula7.pdf> > acesso em 29 de novembro de 2014)

Após o estudo sobre o circuito de meia onda foi construído o circuito com apenas um diodo para análise do sinal gerado pela pinça indutiva (Figura 52).

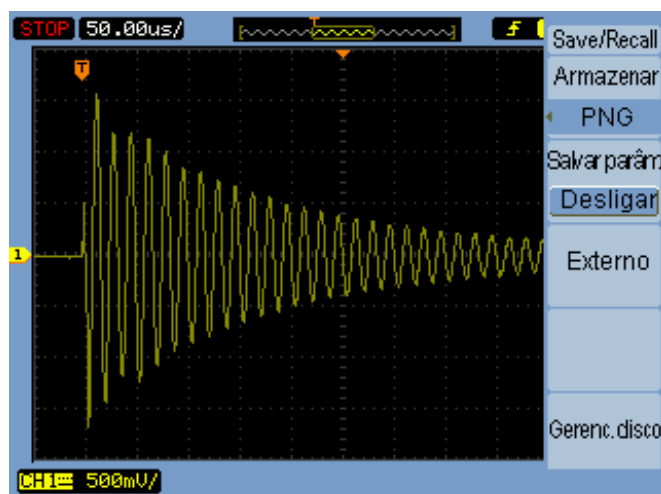


Figura 53 - Pulso de ignição captado pela pinça indutiva no cabo de vela

Segue a seguir, o esquemático do circuito utilizado para retificar o sinal acima sinal e torná-lo superior ao sinal obtido com a retificação de onda completa.

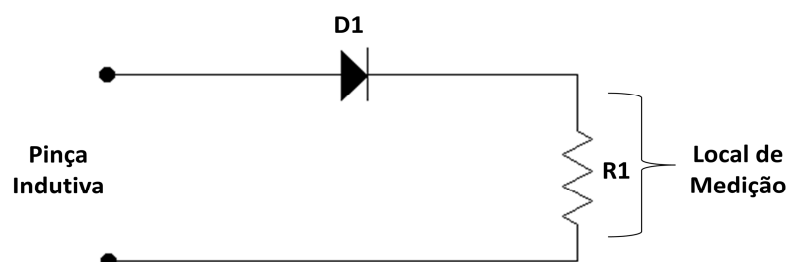


Figura 54 - Circuito retificador meia onda e local de medição do sinal

Observe na imagem a seguir o sinal em amarelo, proveniente do circuito retificador de meia onda, e em azul o sinal de entrada sem tratamento.



Figura 55 - Comparativo entre os sinais do pulso de ignição retificado e do pulso de ignição não tratado do pulso de ignição

Na imagem abaixo se tem o sinal com diversos pulsos na varredura do osciloscópio. Nota-se que não há perdas de sinal, temos os períodos bem definidos, porém valores dos picos de tensão que correspondem aos pulsos são bem variados.

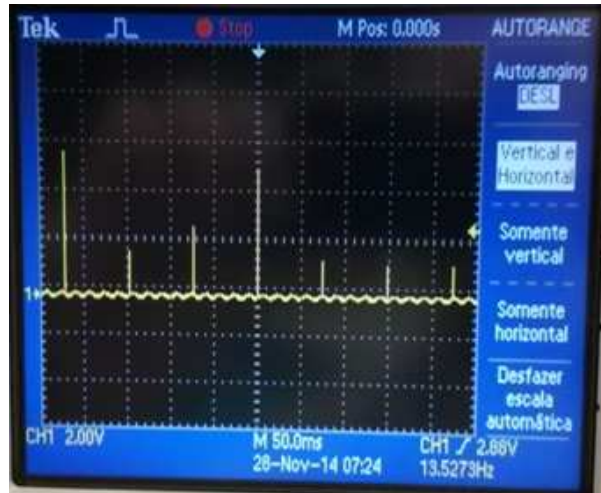


Figura 56 - Diversos pulsos na varredura do osciloscópio

Para tornar o sinal equalizado será reproduzida a configuração RC utilizada na primeira tentativa de tratamento do sinal, onde havia sido usada a ponte retificadora.

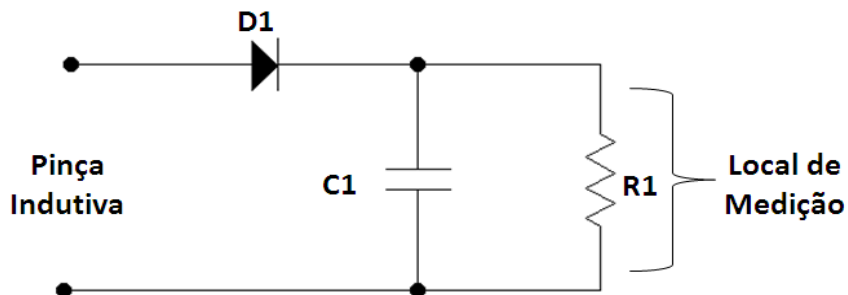


Figura 57 - Retificador de meia onda com capacitor em paralelo ao resistor

Após a utilização do circuito com o capacitor em paralelo, obteve-se o sinal destacado em amarelo na imagem do osciloscópio apresentada abaixo, e em azul tem-se o sinal de entrada do circuito.



Figura 58 - Comparativo entre os sinais após o tratamento pelo circuito projetado e o sinal de entrada

É possível observar que após utilizar a configuração com o capacitor em paralelo ao resistor, houve uma evolução na qualidade do sinal, e os períodos e pulsos estão bem definidos, além dos valores de tensão de pico estarem equalizados. Em comparação ao circuito que utiliza a ponte de diodos, a qualidade superior do sinal resultante do circuito de retificação de meia onda, é notória.

Abaixo, observe o circuito retificador de meia onda com os componentes utilizados, o diodo 1N4148, utilizado devido a ser *high speed*, e o conjunto RC com o capacitor de 220 pF e o resistor de 10 MΩ.

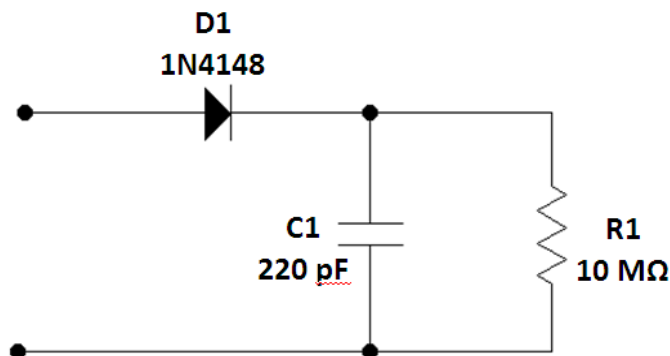


Figura 59 - Retificador de meia onda com capacitor em paralelo ao resistor e especificação de componentes

Na imagem abaixo, é possível visualizar o circuito representado na Figura 58, durante os testes.

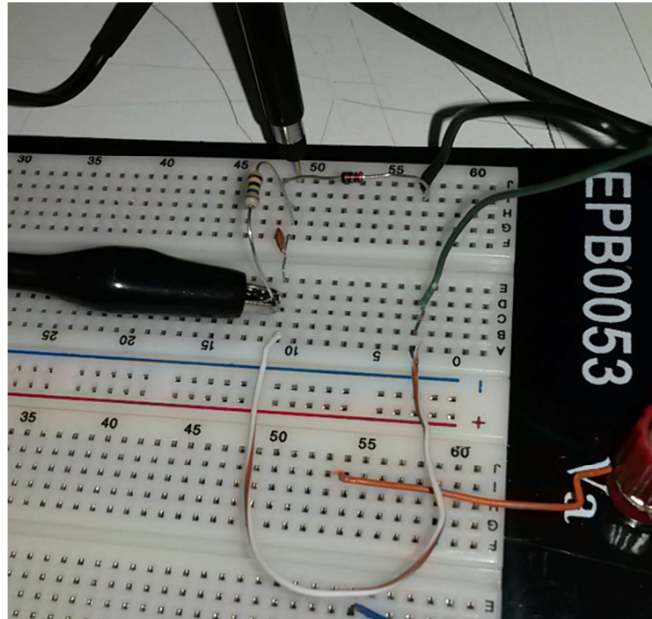


Figura 60 - Foto do circuito montado com um diodo, durante os testes

### 3.3.2 Caneta de Polaridade

Devido à evolução dos motores ciclo Otto, cujo sistema de ignição não possui cabos de vela, o sistema convencional que utiliza a pinça indutiva se tornou obsoleto. Fato é, que boa parte dos motores da frota circulante do Brasil ainda possui sistema de ignição que utilizam cabos de vela, mas é crescente a demanda de carros com motores mais modernos.



Figura 61 - Motor sem cabo de vela - Bobina de ignição estática



Figura 62 - Motor sem cabos de velas – Bobina de ignição individual estática

Devido à dificuldade enfrentada pelas oficinas reparadoras que se deparam com motores sem cabos de vela e possuem apenas a pinça indutiva como ferramenta para a medição de rotação, adaptou-se uma tecnologia utilizada largamente em oficinas, para medir rotação pelos sinais de controle do bico injetor e da bobina de ignição, a caneta de polaridade. Esta foi escolhida devido a sua praticidade no momento da medição e a possibilidade de identificação dos sinais positivo e negativo, através dos LEDs.

Vale lembrar, que em qualquer circuito elétrico, a derivação do sinal é a melhor forma de medição com este em funcionamento. No tópico abaixo, é discutido as vantagens e desvantagens deste método.

### **3.3.2.1 Derivadores**

Durante a captação de rotação via sinal da injeção (Bico injetor) e via sinal de ignição (Bobina de ignição), encontramos um problema comum do dia-a-dia das oficinas independentes, que é como fazer a medição dos sinais sem danificar o circuito.

Por diversas vezes, devido à falta de ferramental e ao curto espaço de tempo, para realizar uma medição no circuito elétrico do veículo, o reparador faz um furo no isolamento utilizando a caneta de polaridade, alfinete ou algum outro objeto pontiagudo, para que seja possível ter acesso ao fio. Esta prática pode causar uma deficiência de isolamento, que propicia a entrada de umidade no circuito e conseqüentemente, pode ocasionar oxidação dos fios e terminais, maus contatos, falhas de funcionamento, distorções nos sinais lidos pela UCE e dificultar ainda mais uma leitura/ diagnóstico.

Outra forma de efetuar a medição do circuito é utilizando um objeto, de comprimento maior que o conector e pontiagudo de pequeno diâmetro (caneta de polaridade, alfinete, agulha, etc.), para inseri-lo paralelamente ao fio e o isolamento de borracha do conector, esta forma é menos agressiva ao circuito, porém também pode danificar o isolamento e/ou o terminal do fio e eventualmente causar um mau contato.

A melhor forma para efetuar este tipo de medição, seria a utilização de um “derivador”. Este nada mais é, do que um adaptador, onde podemos fazer as medições em terminais paralelos ao circuito (como visualizado na imagem abaixo):

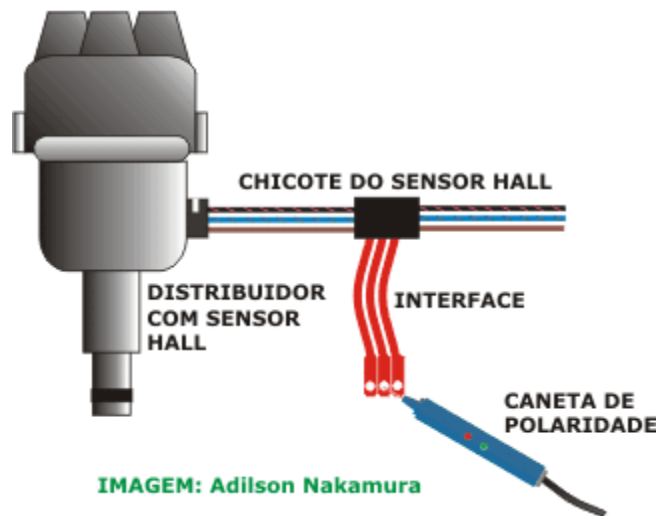


Figura 63 - Teste de sensor utilizando a derivação do chicote (Extraído de < <http://r19club.com/ignicao/testar-sensor-de-rotacao/> > acesso em 4 de setembro de 2014).

No início da comercialização dos veículos dotados do sistema de injeção eletrônica no Brasil (Fim da década de 80 e início da década de 90), alguns fabricantes de ferramentas que auxiliam no diagnóstico, chegaram a desenvolver este tipo de adaptador, como por exemplo, o BOB 2000 fabricado pela Alfatest. Estes vieram a se tornar conhecidos e até utilizados em diversas oficinas independentes. Isso foi possível graças à baixa quantidade de sistemas de injeção eletrônica existentes no mercado brasileiro.



Figura 64 - Equipamento BOB 2000 (Extraído de < <http://www.monzeiros.com/forum/viewtopic.php?f=50&t=23408> > acesso em 17 de novembro de 2014)

Entretanto, com o passar dos anos e o grande aumento da eletrônica embarcada (alguns veículos podem ter até mais de 30 unidades de comando eletrônicas (UCE), trabalhando nos mais diversos tipos de sistemas) a compra deste tipo de ferramenta, por parte das oficinas independentes, tornou-se totalmente inviável devido ao seu alto custo e baixo retorno, sendo utilizado somente nas redes de concessionárias das montadoras.

Para cada nova configuração de UCE lançada (alteração de pinagens) é necessário um novo adaptador.

### 3.3.2.2 Tipos de Derivadores

Antigamente, como a quantidade de sistemas era baixa, os próprios adaptadores eram montados com uma interface de acesso para o usuário.



Figura 65 - Derivador utilizado para medições em Caixas de Velocidades Automáticas

Atualmente, uma forma de tentar diminuir o altíssimo custo dessa ferramenta, foi a separação da interface (também conhecida como caixa de bornes) dos adaptadores. Sendo necessário comprar apenas uma caixa de bornes, e os adaptadores são comprados de acordo

com a frota de veículos passantes na sua oficina. O custo destes adaptadores pode variar de 800 a 5000 reais dependendo do sistema e do veículo (PEUGEOT, 2014).

Alguns fabricantes possuem dois tipos de caixas de bornes:

Manual – Onde existem bornes separados de alimentação e aterramento para as medições e os demais bornes do sistema são numerados sequencialmente. Estes são abertos para que o técnico possa fazer as medições utilizando um multímetro ou pontas de prova. Atualmente o custo desta ferramenta está em torno do R\$ 4000,00 (PEUGEOT, 2014).



Figura 66 - Kit de derivação para medição do sistema de injeção

Pilotada – Fornecida com um SW de comunicação com o computador, essa interface não possui bornes para medições externas utilizando multímetros e pontas de prova. As leituras são realizadas através de um Computador, que “pilota” as seleções das vias a serem medidas e fornece as medições na tela. Este SW também possui a opção de Osciloscópio, detecção de microcortes nos fios e uma base de dados com curvas padrão para algumas medições. Devido a sua alta complexidade essa ferramenta possuía um custo muito alto, variando entre R\$15.000,00 e R\$20.000,00 (Fonte: CITROEN do Brasil).

Devido ao alto custo dos derivadores e a grande variedade de adaptadores, com o intuito de reproduzir a realidade das oficinas independentes, durante o nosso trabalho, o método utilizado foi a medição diretamente nos bornes dos conectores (conforme a imagem abaixo). Apesar do risco de dano à vedação do conector, o circuito é menos danificado do que quando os fios são perfurados.



Figura 67 - Medição do sinal através dos bornes do conector do injetor

### 3.3.2.3 Circuito construído de caneta de polaridade

Para a captação de rotação em veículos que não possuem cabos de vela no circuito de ignição, foi definido uma solução viável, que é a construção de um circuito utilizado para a identificação de polaridade. Como já dito este circuito é largamente utilizado em oficinas, como ferramenta de apoio ao reparador.

Esta solução foi definida unindo o conhecimento no funcionamento dos sensores e atuadores dos sistemas de injeção com o funcionamento do circuito abaixo, para que dessa forma o reparador possa atender 100% da frota de veículos que necessitar de análise de gases de escape.

A decisão de construção do circuito abaixo, durante o trabalho, foi baseada na facilidade de obtenção dos sinais em diversas partes do circuito.

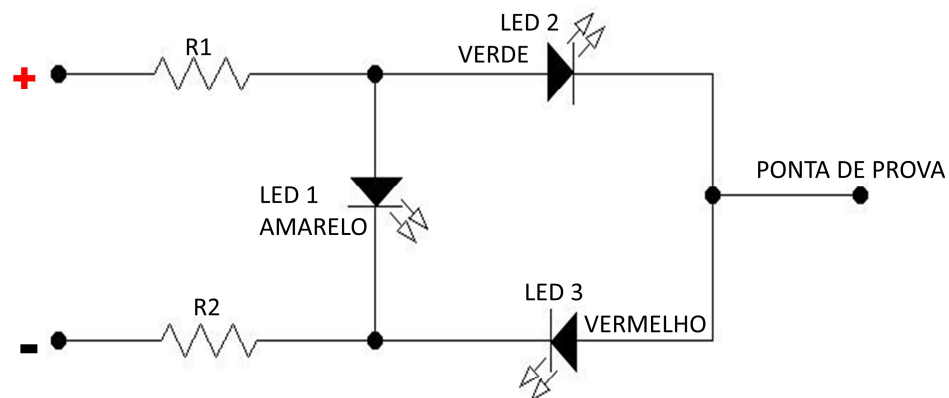


Figura 68 - Circuito da caneta de polaridade construído para captação da rotação

Foram utilizados para a confecção do circuito, três LED's (amarelo, verde e vermelho), dois resistores no valor de  $1K\Omega$ , os valores dos resistores foram definidos para que o brilho dos LED's tenha intensidade média e durabilidade deles seja maior.

O funcionamento do circuito acima funciona da seguinte forma:

- Quando o circuito é alimentado pela bateria do carro o “LED 1 AMARELO”, acenderá, indicando a energização do circuito.

- No momento em que a caneta de polaridade for conectada a um potencial positivo o “LED 3 VERMELHO”, acenderá.

- No momento em que a caneta de polaridade for conectada a um potencial negativo o “LED 2 VERDE”, acenderá.

Para aplicação selecionada utilizaremos a capacidade de o sinal identificar o potencial negativo, pois, o funcionamento dos atuadores como os injetores de combustível e bobinas de ignição, possuem circuitos de controle que ativam os atuadores por meio do sinal negativo pulsante.

Acompanhe abaixo os testes realizados e os sinais dos atuadores medidos em paralelo ao “LED 2 VERDE”.

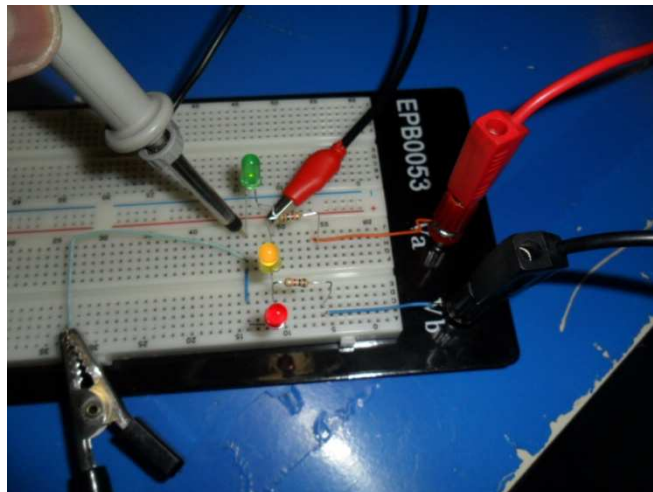


Figura 69 - Circuito construído em medição

Verifique abaixo o sinal de controle do bico injetor medido no “LED 2 VERDE”. Observe a periodicidade do sinal, tem-se um sinal bem definido e livre de interferências.

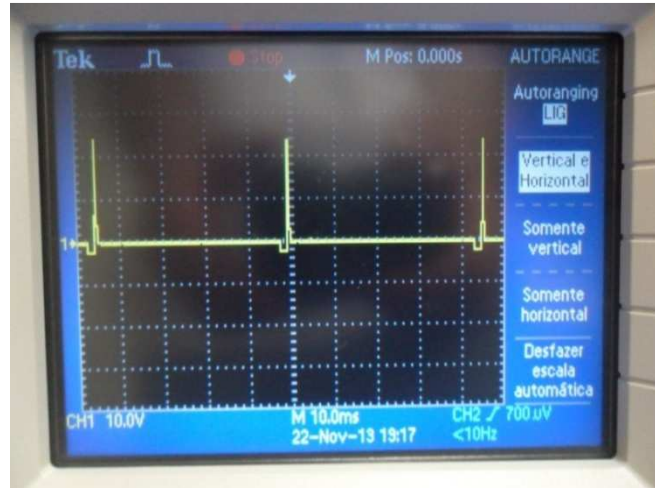


Figura 70 - Sinal do bico injetor captado com o auxílio do circuito

Na figura abaixo, tem-se o sinal de controle da bobina de ignição medido, medido no “LED 2 VERDE”, observe também a periodicidade do sinal.

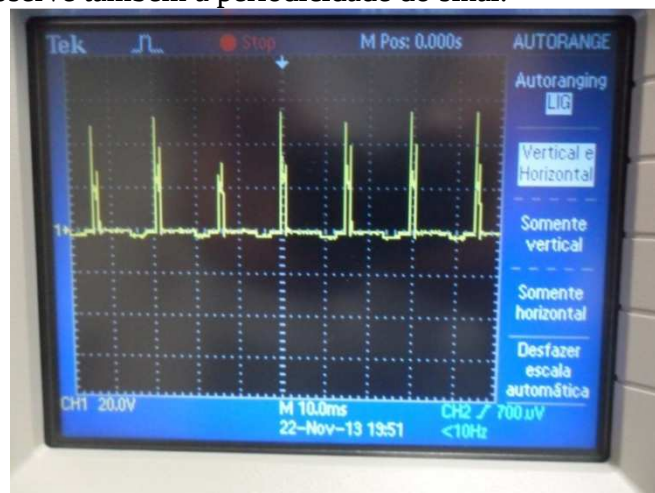


Figura 71 - Sinal da bobina de ignição captado com o auxílio do circuito construído

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O intuito deste trabalho é o de melhorar a captação de rotação para testes de emissões de gases, além de propor alternativas para a medição da rotação. Durante a elaboração foram propostas melhorias, quanto ao posicionamento do sensor de captação (pinça indutiva) e foi desenvolvido um circuito que, quando utilizado em conjunto com este sensor, torna o sinal uniforme e menos suscetível a interferências.

Foi abordada, durante o trabalho, a dificuldade que as oficinas reparadoras têm em conseguir ferramentas eficientes para a captação de rotação para equipamentos de análise de gases eficientes, a preços acessíveis. Além do fato de comumente possuírem uma ferramenta deficitária, que não atende todas as configurações de motores que “visitam” as oficinas e/ou apresentam erros que por seguidas vezes causam interrupções nos testes, devido à oscilação de rotação.

Após a realização deste trabalho conseguiu-se uma evolução quanto às possibilidades de captação e eficiência.

### 4.1 Melhorias do sinal devido ao posicionamento da pinça indutiva

Após testes realizados, observou-se que o posicionamento da pinça indutiva é um dos fatores que influenciam na qualidade do sinal mensurado. Quanto mais longe dos cabos de vela adjacentes, menor será a interferência exercida sobre a pinça.

Observe a figura a seguir, note que a pinça está “conectada” ao cabo do primeiro cilindro, porém está próxima ao cabo de vela do segundo cilindro, e devido a essa proximidade gera interferências gerando assim uma medição de rotação incoerente com a real rotação do veículo.

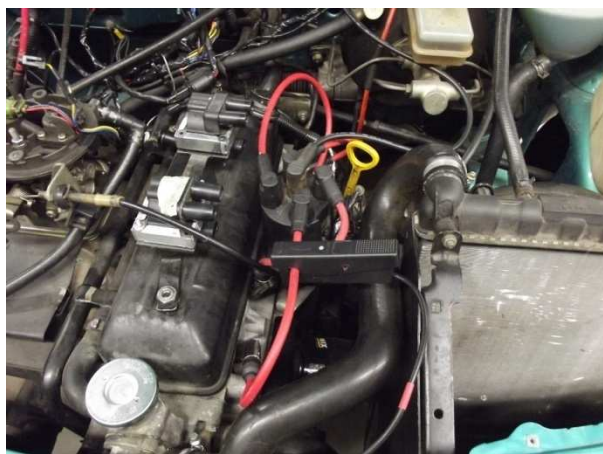


Figura 72 - Má condição de posicionamento da pinça (próxima dos demais cabos de vela)

Note o sinal abaixo, nele é apresentado resultado do posicionamento mostrado na figura anterior.

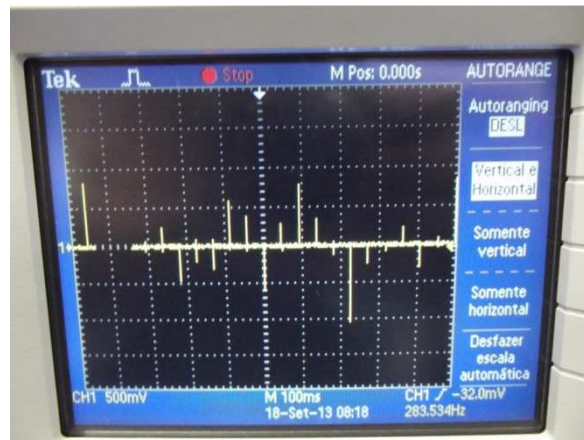


Figura 73 - Sinal proveniente do mau posicionamento da pinça indutiva

O melhor rendimento da pinça indutiva se dá com o posicionamento como mostrado na figura abaixo, mantendo distância dos cabos de vela adjacentes.

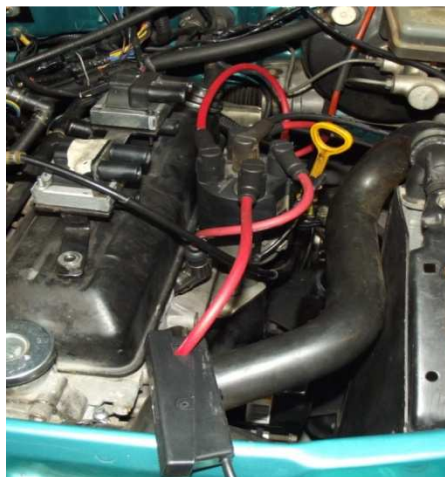


Figura 74 - Melhor posicionamento da pinça indutiva

Como resultado de um posicionamento otimizado, temos o sinal abaixo, que ainda não é ideal, mas é um sinal mais limpo que será melhorado após a aplicação do circuito projetado.

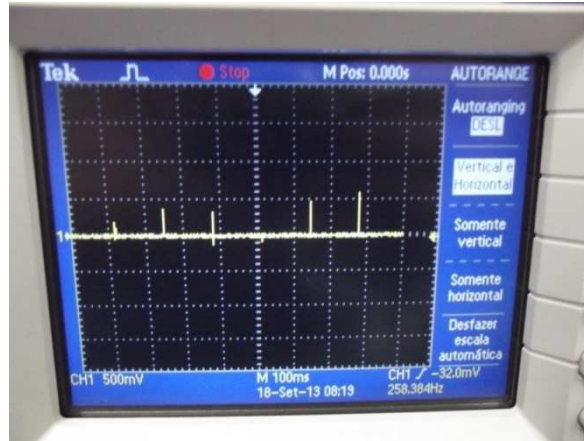


Figura 75 - Sinal proveniente do melhor posicionamento da pinça indutiva

Analisando a diferença entre os sinais apresentados, proveniente da mudança de posicionamento da pinça indutiva, é possível compreender a demanda dos fabricantes de pinças, de sempre utilizar o cabo de vela do primeiro cilindro para as medições. Na verdade, isso é solicitado devido ao distanciamento (na maioria dos casos) deste cabo, para com os demais, já que em teoria, a captação do sinal de rotação seria a mesma.

## 4.2 Melhorias do sinal após a aplicação do circuito projetado

Foram projetados dois circuitos para otimizar o sinal de rotação captado pela pinça indutiva, um dos circuitos utiliza o conceito de retificação de onda completa e o outro utiliza a retificação e meia onda. Observe abaixo as duas configurações:

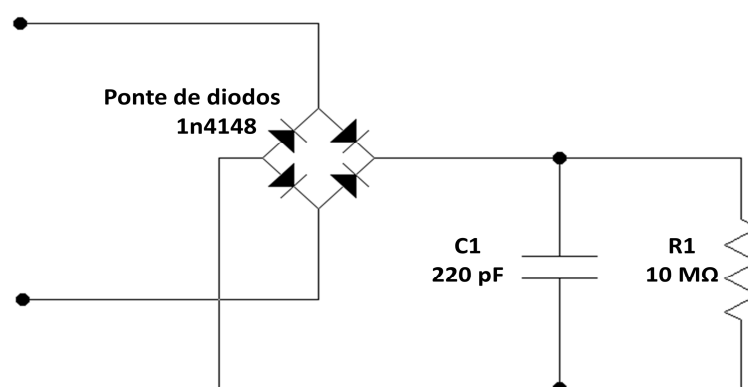


Figura 76 - Projeto de circuito de retificação de onda completa

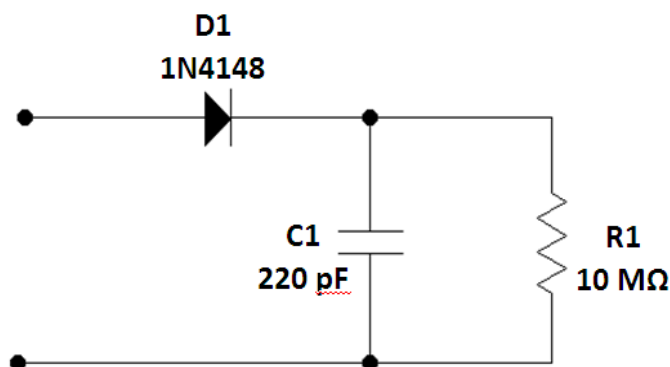


Figura 77 - Projeto de circuito de retificação de meia onda

Dentre as duas configurações, a que obteve melhor rendimento foi a que utilizava o conceito de retificação de meia onda. Observe na imagem a seguir, em amarelo: o sinal após o tratamento pelo circuito da Figura 76 (retificador meia onda); e em azul: o sinal de entrada captado pela pinça indutiva.



Figura 78 - Comparativo entre os sinais após o tratamento pelo circuito projetado e o sinal de entrada

Conseguiu-se atingir um ótimo rendimento com o circuito da Figura 76. Onde, o sinal não apresenta perdas dos pulsos de ignição e os pulsos possuem uma tensão de pico equalizada, dessa forma o software do equipamento de análise de gases poderá efetuar o cálculo de rotação sem variações bruscas de rotação.

### 4.3 Captação de rotação pelos circuitos de controle do bico injetor e do sistema de ignição

Uma das propostas desta dissertação é propor alternativas de captação de rotação para analisadores de gases e dentre as alternativas analisadas foram selecionados os sinais de controle dos bicos injetores e do sistema de ignição. Para captar o sinal de rotação foi utilizado o circuito apresentado na Figura 78.

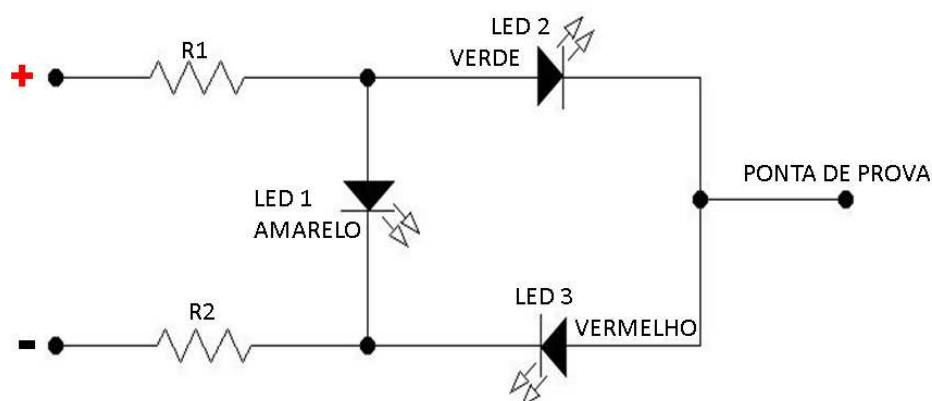


Figura 79 - Circuito da caneta de polaridade construído para captação da rotação

A caneta de polaridade foi utilizada devido a sua característica de indicar pelos LED's o potencial do cabo perfurado. Para captar os pulsos de controle dos sistemas de ignição e injeção precisamos acessar o fio de potencial negativo. Este sinal é “chaveado” pela UCE e após a captação, pelo circuito da caneta de polaridade, obteve-se um sinal que pode ser utilizado para o cálculo de rotação. Confira abaixo os sinais:

Os Sinais abaixo foram captados diretamente no injetor de um veículo monoponto, o sinal apresentado é o pulso negativo enviado pela UCE.

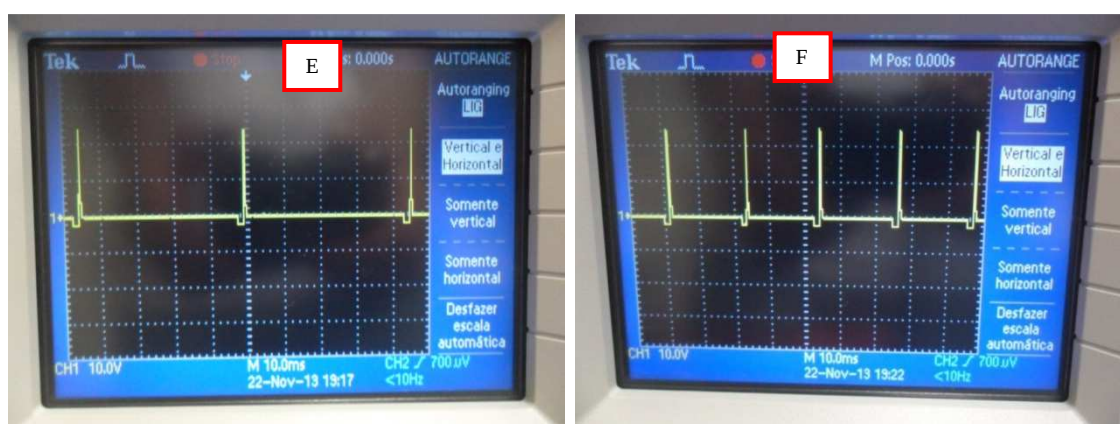


Figura 80 - Captação de rotação em marcha lenta E e em aceleração F - Bicos injetores

No sinal a seguir, temos o resultado da captação do pulso negativo diretamente na bobina de ignição.



Figura 81 - Captação de rotação em marcha lenta G e em aceleração H – Bobina de ignição

Após a verificação destes sinais observa-se que tanto o sinal de controle dos injetores, quanto o sinal de controle do sistema de ignição podem ser utilizados para o cálculo de rotação e estes sinais, ao contrário do sinal obtido através da pinça indutiva, são livres de interferências. Porém, o cuidado a ser tomado com estes sinais, se limitaria a manter o valor da tensão de pico em, no máximo, 12 Volts.

## 5 CONCLUSÃO

Durante o desenvolvimento do trabalho percebeu-se que a pinça indutiva, que foi escolhida como uma das formas de captação de rotação, possui um nível elevado de interferência eletromagnética. Dentro das nossas propostas para a redução desta interferência, o melhor resultado foi obtido através de um posicionamento da pinça mais distante possível dos demais cabos de velas e da bobina. Com este tipo de posicionamento adotado, foi construído um circuito para a melhoria do sinal analisado, baseado em um conceito de sinal ideal para leitura e cálculo de rotação.

Os problemas encontrados com o sinal da pinça indutiva eram a sua baixa tensão média, variações de pico (sendo em alguns casos muito próxima de zero) e a variação do período em relação ao real gerada pelas perdas de pulsos, ocasionando o cálculo incorreto da rotação pelo equipamento de análise de gases. Ao desenrolar dos testes, foi concluído que o circuito que melhor atendia a proposta inicial era o que utilizava o conceito de retificação de meia onda, já que o circuito retificador de onda completa (ponte retificadora) diminuía o potencial dos pulsos captados pela pinça indutiva e provocava um aumento indesejado do potencial do ruído presente no sinal captado pela pinça indutiva.

O sinal resultante do circuito possuía uma tensão média maior do que a proveniente da pinça, uma baixa variação da tensão de pico e o mais importante, um período constante. Estes, que são os fatores que consideramos essenciais para um cálculo de rotação efetuado por um programa de computador.

As mesmas características de sinal relatadas acima, também foram encontradas nos sinais de comando da bobina e do injetor, que foram coletados utilizando o circuito baseado na caneta de polaridade, que visa à captação da rotação nos veículos que não possuem cabos de vela. Lembrando que este circuito foi utilizado, devido à praticidade encontrada pelo operador para a identificação do sinal fornecido pela Unidade de Comando Eletrônica (UCE), através dos LEDs.

Sendo assim, podemos concluir que, apesar de não terem sido testados em um analisador de gases ou em um programa de leitura de rotação, os sinais obtidos atenderam a nossas expectativas e objetivos iniciais que eram de evitar os problemas de variação da rotação ou a sua “perda”, que ocorrem durante as inspeções veiculares utilizando as pinças indutivas e o segundo objetivo que era propor uma ferramenta de baixo custo e simples fabricação, que utiliza os sinais de comando da bobina de ignição e do injetor, para a leitura da rotação nos veículos que não possuem os cabos de vela.

## 5.1 Propostas de trabalhos futuros

- Criação de uma interface para tratamento dos sinais obtidos com a caneta de polaridade para ser compatível com o sinal de entrada de um analisador de gases;
- Criação de uma interface para a leitura do parâmetro de rotação dos sistemas OBD e aplicação em equipamentos de análise de gases;
- A partir dos sistemas de captação do sinal apresentados (pinça indutiva e caneta de polaridade), desenvolver um módulo único para os dois sinais;
- Criação do circuito aplicável para diversos analisadores de gases, utilizando o sistema proposto.

## 6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Alexandre Amaral de; Thesis Ensaio de um motor ICE a álcool com dupla ignição; Campinas, 2005.

BASTOS Filho, Teodiano Freire; Apostila de Eletrônica Básica II. Disponível em <<http://www2.ele.ufes.br/~tfbastos/Basica2/apostila.pdf>>, 26 de novembro de 2014.

BELTRAME, Fernando; Interferência Eletromagnética. Apresentação do Seminário de Eletrônica de Potência e Controle; Santa Maria, 2010.

BOSCH, Robert. Manual de Tecnologia Automotiva. 25.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

CÂMARA, Júlio César Chaves; Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo Otto; Dissertação de mestrado, Salvador, 2006.

CARDIA, Daniel; Compatibilidade Eletromagnética Veicular - Introdução. Apresentação de Aula na Faculdade de tecnologia de Santo André; Santo André, 2011.

CIRCUITO RC: Processo de Carga e Descarga de Capacitores. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/fisica/files/2010/03/LabEleaula6.pdf>>

COMO FUNCIONA O SISTEMA DE IGNIÇÃO; Disponível em <http://carros.hsw.uol.com.br/sistema-de-ignicao-de-um-automovel.htm> >, 26 de abril de 2011.

CONAMA 418, Conselho nacional do meio ambiente, 2009

LÍBERO, V. L.; REDONDO, Djalma M. . Conceitos básicos sobre capacitores e indutores. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 18, 1996

MACHADO, Alexandre; Experiência 9 – Diodos Semicondutores e Curvas Características. Material de Aula. Disponível em <<http://www.li.facens.br/~machado/lxo/materiais/Exp9.pdf>> 17 de novembro de 2014.

MANAVELLA, Humberto José; Controle Integrado do Motor, Sistemas de injeção/Ignição eletrônica. São Paulo, 2005)

MILHOR, Carlos Eduardo. Sistema de Desenvolvimento para Controle Eletrônico dos Motores de Combustão Interna Ciclo Otto. Dissertação apresentada à escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

PEUGEOT, Peugeot do Brasil; Preços de peças. Disponível em <<http://carros.peugeot.com.br/precos-de-pecas/>> 20 de agosto de 2014.

PORTARIA 147, Portaria 147 da Resolução do CONAMA 418, 2009.

PRINCÍPIOS e conceitos básicos da eletrônica; Disponível em <<http://www.bratfich.com.br/principios-eletronica.html>> 27 de novembro de 2014

PUJATTI, Francisco José Pacheco; Thesis Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento eletrônico para motores de ignição por centelha. Apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais; Belo Horizonte, 2007.

QUEIROZ, Daniel Marçal de; Projeto de motores, Material de aula. Disponível em <[ftp://www.ufv.br/Dea/Disciplinas/Daniel/Eng630/capitulo\\_06.pdf](ftp://www.ufv.br/Dea/Disciplinas/Daniel/Eng630/capitulo_06.pdf) > 19 de novembro de 2014

SENAI-SP, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial; Manual Técnico de Inspeção Veicular, Coleção Tecnologia SENAI; São Paulo, 2001.

SENSORS, Sensors Incorporation; About Sensors, Inc. Disponível em <<http://www.sensors-inc.com/company.html>> 27 de novembro de 2014.

SILVA, Nerivaldo Rodrigues da; Dissertação de mestrado Metodologia para determinação da potência indicada em motores de combustão interna; Campinas, São Paulo, 2006.

SISTEMAS DE IGNIÇÃO; Disponível em <<http://www.jaguariunajeepclub.com/Downloads/esquema%20bobina%20bosch.doc>>, 26 de abril de 2011.

SOUZA, Ivair José de. Capacitor. Disponível em < <http://ivairsouza.com/capacitor1-site.html> > 6 de outubro de 2014)

WENDLING, Marcelo; Diodo Semicondutor. Disponível em <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---diodo-semicondutor.pdf>>, 26 de novembro de 2014.