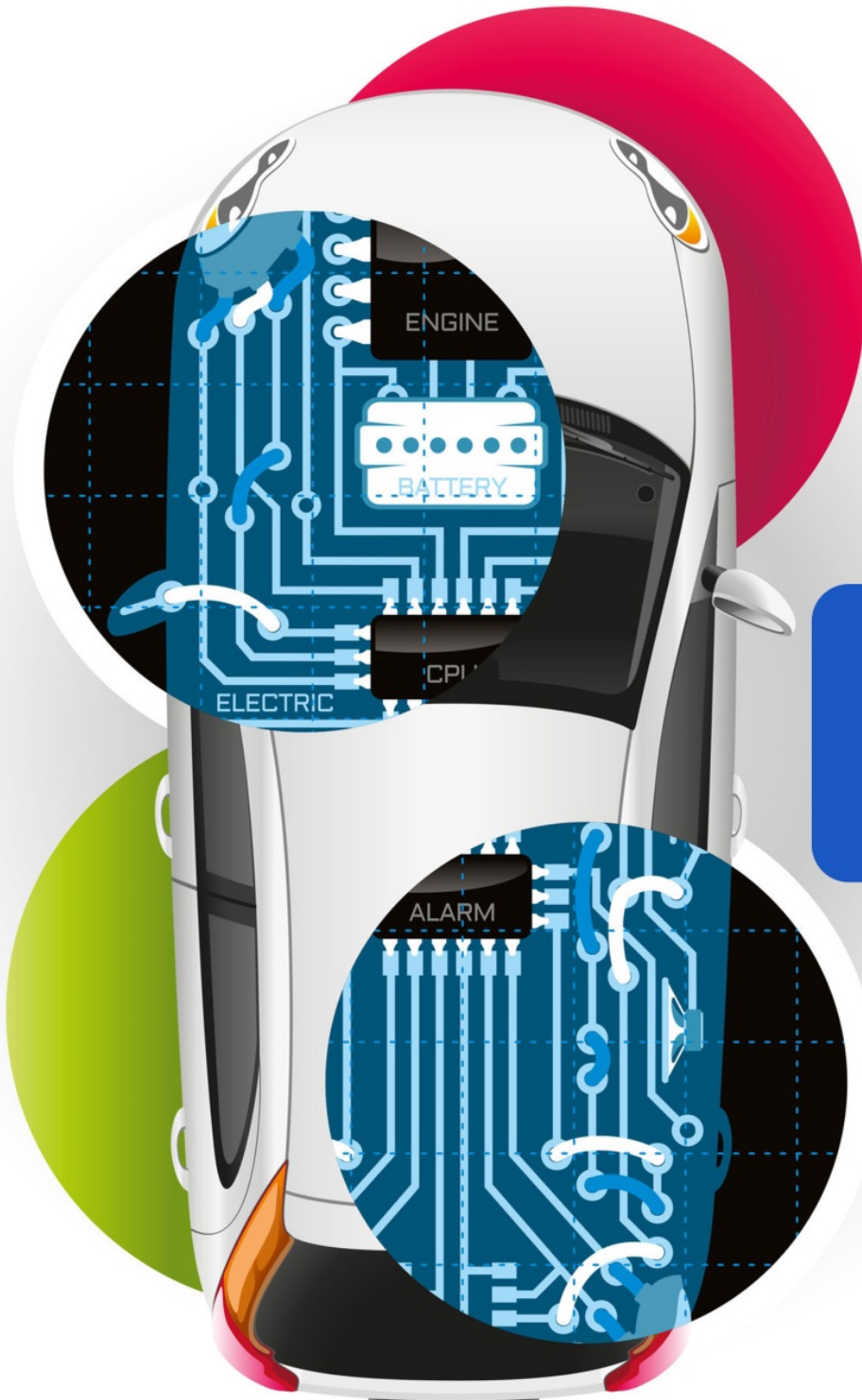


CURSO COMPLETO

# ELETRICIDADE AUTOMOTIVA



COMO DIAGNOSTICAR  
DEFEITOS ELÉTRICOS



COMPREENDA A ELETRÔNICA VEICULAR BÁSICA E AVANÇADA

 **Oficina Integrada**  
software de gerenciamento completo

 **ELUIZ MACÊDO**  
consultor técnico 

 **mundomídia**  
soluções criativas

## APRESENTAÇÃO

Este curso completo de eletricidade automotiva apresenta de maneira objetiva e com ilustrações detalhadas o funcionamento dos componentes elétricos do automóvel. Assim, o objetivo deste curso é explicar o funcionamento desde a eletrônica básica à eletrônica avançada de um veículo, bem como a funcionalidade dos principais componentes elétricos e ainda, os meios de diagnosticar os defeitos mais recorrentes.

Este curso é destinado tanto para iniciantes como profissionais experientes que queiram aperfeiçoar seus conhecimentos na área da eletricidade automotiva. Para isso, o curso abrange o sistema de injeção eletrônica monoponto e multiponto, common rail, sensores, atuadores, scanners, esquemas elétricos e tudo que o profissional necessita para realizar diagnósticos elétricos em veículos.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Átomos.....   | 8  |
| Figura 2 - Elétrons atravessando a seção reta de um fio.....   | 8  |
| Figura 3 – Caixa d’água.....   | 9  |
| Figura 4 – Direção dos elétrons.....   | 10 |
| Figura 5 – Bateria de automóvel.....   | 11 |
| Figura 6 – Multímetro.....   | 12 |
| Figura 7 – Resistores.....   | 13 |
| Figura 8 – Equações de Ohm.....  | 14 |
| Figura 9 – Alternador.....   | 15 |
| Figura 10 – Diagrama que demonstra uma maneira de induzir corrente elétrica em um circuito independente.....     | 15 |
| Figura 11 – Outro exemplo de circuito indutor de corrente elétrica.....  | 16 |
| Figura 12 – Bobina automotiva, capaz de elevar uma DDP de 12 Volts para valores superiores aos 20.000 Volts..... | 16 |
| Figura 13 – Corrente alternada.....  | 17 |
| Figura 14 – Gráfico de corrente contínua.....  | 17 |
| Figura 15 – Gerador.....   | 19 |
| Figura 16 – Sistema de injeção eletrônica.....   | 20 |
| Figura 17 – Componentes do sistema Monoponto.....  | 22 |
| Figura 18 – Componentes do sistema multiponto.....   | 23 |
| Figura 19 – Componentes do sistema Common-rail.....  | 24 |
| Figura 20 – Componentes do sistema de alimentação diesel por unidade injetora.....                               | 24 |
| Figura 21 – Sistema de sensores e atuadores.....   | 25 |
| Figura 22 – Sensor de posição do acelerador.....   | 26 |
| Figura 23 – Instalação do sensor em uma polia.....   | 27 |
| Figura 24 – Corrente elétrica na forma de pulso.....   | 28 |
| Figura 25 – Sonda lambda.....  | 29 |
| Figura 26 – Gráfico de tensão senoidal da sonda lambda.....  | 29 |
| Figura 27 – Sensor de posição de borboleta.....  | 31 |
| Figura 28 – Funcionamento do sensor.....   | 31 |
| Figura 29 – Sensor capacitivo e sensor tipo membrana resistiva.....  | 32 |
| Figura 30 – Sensor de fluxo de ar.....   | 33 |
| Figura 31 – Sensor de massa de ar.....   | 34 |
| Figura 32 – Sensor de temperatura da água.....   | 34 |
| Figura 33 – Sensor de Temperatura do Ar.....   | 36 |
| Figura 34 - Sensor de temperatura do óleo.....   | 36 |
| Figura 35 - Sensor de pressão do turbo.....  | 37 |
| Figura 36 – Sensor de fase do comando.....   | 38 |
| Figura 37 – Ondas geradas por sensor indutivo e por sensor de Efeito Hall.....                                   | 38 |
| Figura 38 – Sensor de detonação.....   | 40 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 39 – Eletromagnetismo.....  | 41 |
| Figura 40 – Campos magnéticos.....   | 42 |
| Figura 41 – Hipótese de Faraday. ....  | 42 |
| Figura 42 - Faraday entendia a repulsão e atração entre cargas elétricas como efeitos indiretos, produzidos pelas linhas de força..... | 43 |
| Figura 43 – Exemplos de solenoide. ....  | 44 |
| Figura 44 – Funcionamento do solenoide.....  | 44 |
| Figura 45 – Multímetros. ....  | 45 |
| Figura 46 - Multímetro. ....   | 45 |
| Figura 47 - Gráfico de tensão senoidal da sonda lambda.....  | 46 |
| Figura 48 – Sinal do sensor de fase.....   | 47 |
| Figura 49 - Esquema de caneta de polaridade.....   | 48 |
| Figura 50 - Caneta de polaridade.....  | 49 |
| Figura 51 - Escâner ou rastreador.....   | 50 |
| Figura 52 – Variador de fase.....  | 51 |
| Figura 53 - Esquema da válvula de controle do turbo.....   | 51 |
| Figura 54 - Esquema de relé.....   | 52 |
| Figura 55 - Esquema de relé.....   | 52 |
| Figura 56 – Esquema de relé simples de 4 pinos. ....   | 53 |
| Figura 57 - Diagrama de um relé.....   | 53 |
| Figura 58 - Funcionamento de um relé.....  | 54 |
| Figura 59 - Esquema de funcionamento de uma válvula EGR.....   | 54 |
| Figura 60 - Bico injetor.....  | 55 |
| Figura 61 - Bomba de combustível.....  | 56 |
| Figura 62 - Bobina de ignição.....   | 56 |
| Figura 63 - Sinal de vela de ignição.....  | 57 |
| Figura 64 - Vela de ignição.....   | 58 |
| Figura 65 – Medidas ideais de distância entre os eletrodos. ....   | 58 |
| Figura 66 – Lâmpadas de faróis.....  | 59 |
| Figura 67 – Kit Xenon.....   | 60 |
| Figura 68 – Esquema de funcionamento de lâmpadas de faróis.....  | 60 |
| Figura 69 - Diagrama elétrico.....   | 61 |
| Figura 70 - Diagrama elétrico.....   | 62 |
| Figura 71 - Diagrama elétrico de um Ecosport.....  | 63 |
| Figura 72 - Diagrama elétrico Volkswagen.....  | 64 |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 7  |
| 2. ELETRICIDADE BÁSICA.....                                   | 7  |
| 2.1- Voltagem .....   | 9  |
| 2.2- Resistência.....   | 11 |
| 2.3- Amperagem.....   | 13 |
| 2.4- Primeira Lei de Ohm .....                                | 13 |
| 2.5- Corrente induzida .....                                  | 14 |
| 2.6- Corrente alternada.....                                  | 16 |
| 2.7- Corrente contínua .....                                  | 17 |
| 2.8- Frequência.....  | 17 |
| 2.9- Acumuladores ou baterias.....                            | 18 |
| 2.10- Geradores.....  | 18 |
| 3 - Sistema de Alimentação de Combustível .....               | 19 |
| 3.1- Sistema Monoponto.....                                   | 20 |
| 3.2- Sistema Multiponto .....                                 | 22 |
| 3.3- Sistemas de Alimentação Motores Diesel .....             | 23 |
| 3.4- Sistema de Alimentação Diesel Common-rail .....          | 23 |
| 3.5- Sistema de Alimentação Diesel por Unidade Injetora ..... | 24 |
| 4- Sensores e Atuadores.....                                  | 24 |
| 4.1- Sensores .....   | 26 |
| 4.1.1- Sensor de Posição do Pedal Acelerador .....            | 26 |
| 4.1.2- Sensor de Posição do Virabrequim ou Rotação .....      | 27 |
| 4.1.3- Sonda Lambda .....                                     | 28 |
| 4.1.4- Sensor de Posição de Borboleta.....                    | 30 |
| 4.1.5- Sensor de pressão absoluta – MAP .....                 | 31 |
| 4.1.6- Sensor de fluxo de ar .....                            | 32 |
| 4.1.7- Sensor de massa de ar.....                             | 33 |
| 4.1.8- Sensor de temperatura da água .....                    | 34 |
| 4.1.9- Sensor de Temperatura do Ar .....                      | 35 |
| 4.1.10- Sensor de temperatura do óleo .....                   | 36 |
| 4.1.11- Sensor de pressão do turbo .....                      | 36 |

|  |    |
|--|----|
| 4.1.12- Sensor de fase do comando..... | 37 |
| 4.1.13- Sensor de Detonação.....       | 39 |
| 5- Eletromagnetismo.....               | 40 |
| 5.1- Solenoide.....                    | 43 |
| 6 - Ferramentas Eletroeletrônicas..... | 44 |
| 6.1- Multímetro .....                  | 44 |
| 6.2 - Osciloscópio automotivo.....     | 46 |
| 6.3 – Caneta de polaridade .....       | 47 |
| 6.4- Escâner ou Rastreador.....        | 49 |
| 7- Atuadores.....                      | 50 |
| 7.1- Variador de fase .....            | 50 |
| 7.2- Válvula de controle do turbo..... | 51 |
| 7.3- Relé.....                         | 52 |
| 7.4 Válvula EGR .....                  | 54 |
| 7.5-Bico injetor .....                 | 54 |
| 7.6- Bomba de combustível.....         | 55 |
| 7.7- Bobina de ignição .....           | 56 |
| 7.8- Vela de ignição.....              | 57 |
| 7.9- Lâmpadas.....                     | 58 |
| 8- Diagramas elétricos.....            | 61 |

## 1. INTRODUÇÃO

Até meados da década de 90, os profissionais responsáveis pela manutenção de automóveis no Brasil se dividiam basicamente em dois grupos: os que sabiam de eletricidade e os que não sabiam. Dentre aqueles que sabiam, encontravam-se os eletricitistas, que resolviam somente problemas relacionados ao que circundava os mecanismos elétricos contidos nos carros. Já aos que não conheciam a fundo o sistema elétrico, restava a manutenção das partes mecânicas.

Hoje, com o advento de novas tecnologias, a mecânica e a eletricidade de automóveis se misturam, e nesta associação nasce um novo reparador, que consegue mesclar conhecimentos das duas áreas. E é justamente esse o objetivo do curso: possibilitar a união entre mecânico e eletricitista, na qual o primeiro adquire conhecimentos de eletricidade, para que os problemas no seu campo de estudo sejam resolvidos com maior precisão, ao passo que o segundo também aplique o seu conhecimento elétrico às partes mecânicas, possibilitando uma maior gama de serviços.

## 2. ELETRICIDADE BÁSICA

A corrente elétrica é a mágica mais bem realizada pela natureza, e embora não possamos vê-la, é responsável por diversos fenômenos, muitas vezes vitais para o ser humano, a exemplo do simples bater do nosso coração, ou dos movimentos musculares que nos permitem nos alimentar, ou ainda dos impulsos elétricos que conduzem as mais belas imagens dos olhos até o cérebro. Se não fosse pela eletricidade, muito provavelmente você não estaria lendo estas páginas.

Mas o que é essa tão intrigante corrente elétrica?

A primeira demonstração de uma corrente elétrica foi realizada em 1800 por um físico italiano, que se utilizou de uma pilha química constituída por uma série de pares de placas metálicas, colocadas uma após a outra e separadas por um tecido embebido em ácido. Ele produziu o que hoje nos possibilita falar ao celular, clarear um ambiente escuro com uma lanterna e/ou ouvir uma boa música através do rádio: construiu a primeira bateria.

Sabemos que toda matéria é formada por moléculas que, por sua vez, são divididas em átomos, e é justamente neste nível atômico que acontece a mágica



transferência que possibilita as mais variadas utilizações, estamos falando da corrente elétrica, a transferência de elétrons de um átomo para outro.

Para evidenciar este fenômeno de transferência, cabe observar a figura abaixo:

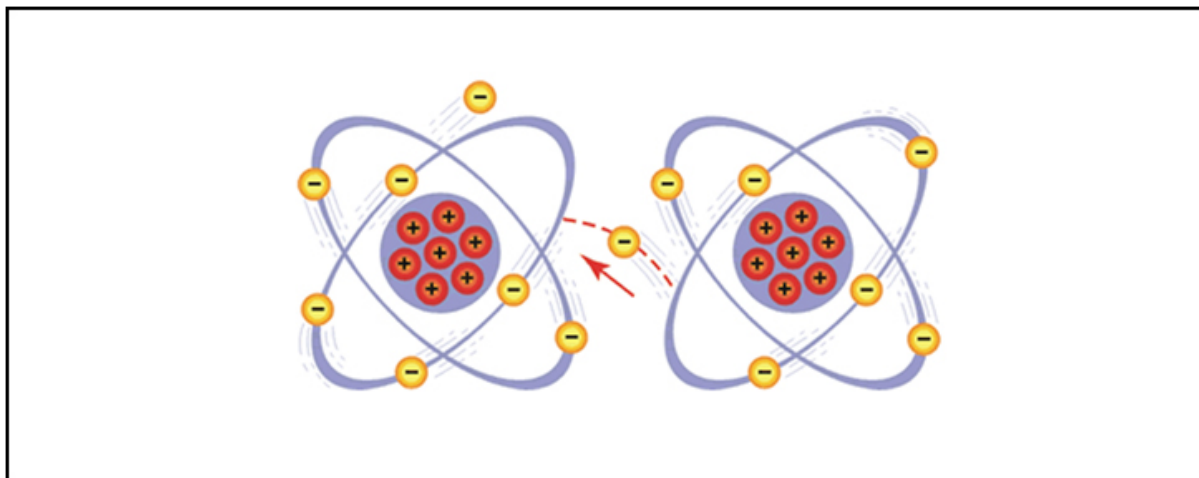


Figura 1 - Átomos

Os átomos, por natureza, tendem a se manter estáveis, ou seja, com a mesma quantidade de elétrons e prótons. Quando perde esta estabilidade, o átomo tende a fornecer ou adquirir elétrons de outro que esteja próximo, e este por sua vez fornecer ou adquirir de um terceiro, e assim sucessivamente.

Esta transferência normalmente se dá de um átomo com mais elétrons para um com menos elétrons. Em outras palavras, se colocarmos alinhada uma quantidade de átomos e retirarmos elétrons do último átomo da fila, deixando-o conseqüentemente instável, ele poderá adquirir elétrons do mais próximo, que por sua vez faria o mesmo e assim sucessivamente, formando a corrente elétrica.

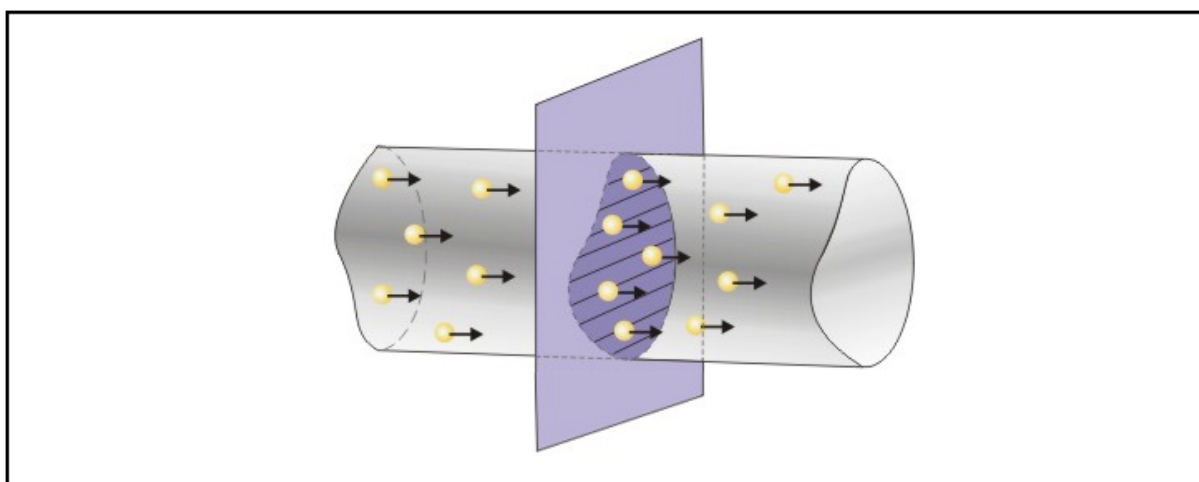


Figura 2 - Elétrons atravessando a seção reta de um fio.



Uma vez descoberto como se dá a mágica da corrente elétrica, passaremos a estudar algumas características e efeitos produzidos por ela.

## 2.1- Voltagem

A voltagem é uma característica da corrente elétrica. É muito comum ouvirmos as pessoas questionando: “Qual a voltagem desta TV?” Ou “Devo ligar este aparelho em 110 ou 220 volts?” Começaremos a perseguir estas respostas neste momento.

A voltagem é a pressão que os elétrons fazem para atravessar a seção de um determinado condutor elétrico, um fio de cobre, por exemplo. Deste modo, quanto maior a pressão destes elétrons, maior a voltagem; assim como o contrário, quanto menor a pressão, menor a voltagem. Assim, inferimos que a voltagem é a capacidade de transferência de elétrons ou pressão exercida por estes. Em analogia a uma caixa d’água, podemos imaginar que a água exerce uma pressão para sair pela torneira, e quanto maior a altura em que esta caixa for colocada, maior a pressão, e quanto menor a altura menor a pressão.

Veja na figura abaixo:

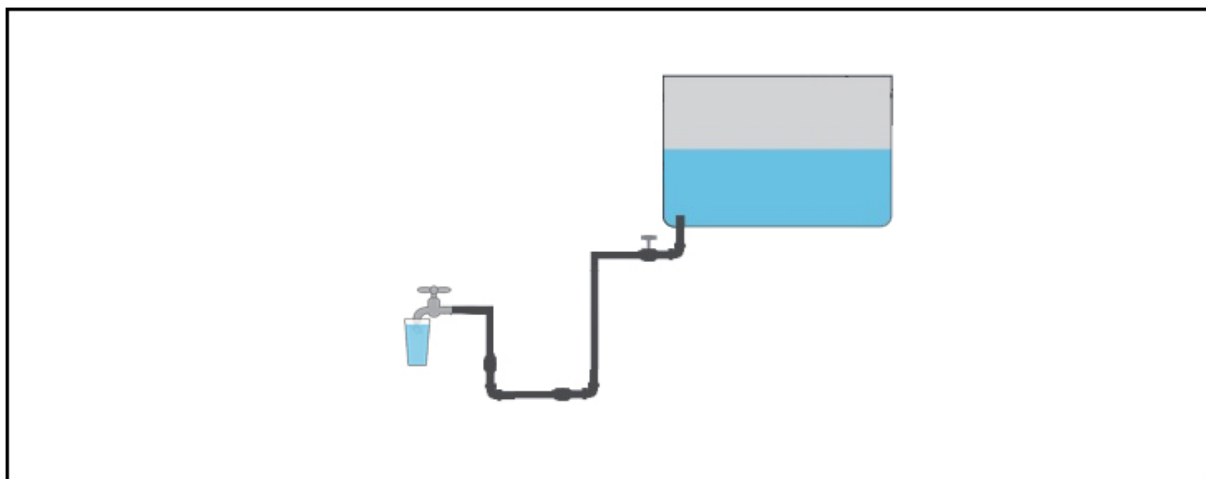


Figura 3 – Caixa d’água.

É como se a caixa estivesse cheia de elétrons instáveis querendo descer cano abaixo e quanto mais elétrons querendo descer, maior a voltagem.

Agora vamos estudar a direção destes elétrons. Existem duas direções, uma real e outra didática. A real é a que vimos anteriormente, em que um elétron se desloca de um

átomo com mais elétrons para um com menos. Podemos dizer que um átomo com mais elétrons está carregado negativamente e um átomo com menos elétrons está carregado positivamente. Desta maneira, temos que a direção real dos elétrons se dá do polo carregado negativamente, simbolizado pelo sinal de subtração (-), para o polo carregado positivamente, simbolizado pelo sinal de adição (+). Veja figura abaixo:

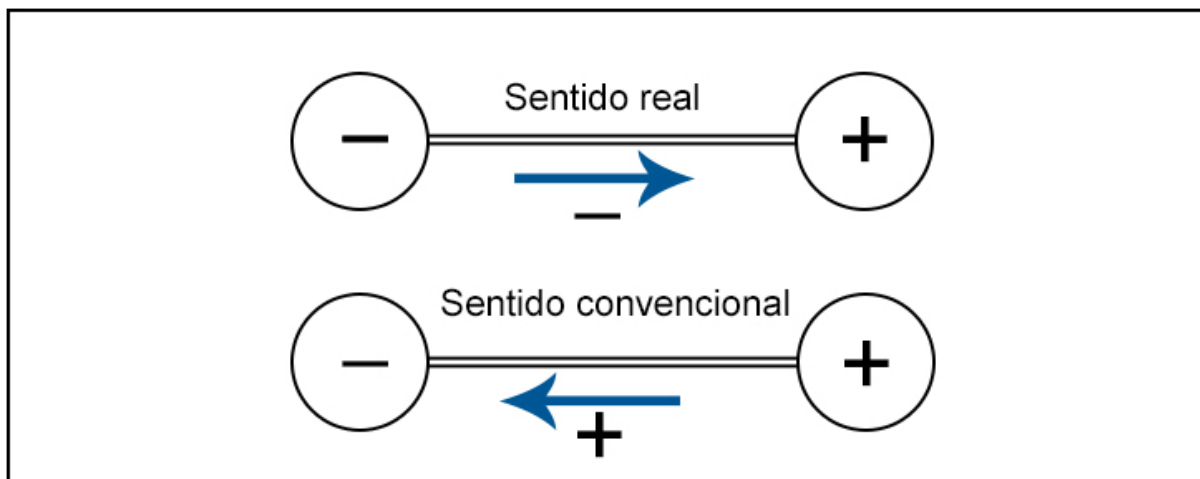


Figura 4 – Direção dos elétrons.

Deste modo, voltagem equivale à pressão e a diferença de potencial (DDP). Assim, positivo e negativo são meramente referenciais, pois basta que se tenha diferença de potencial entre dois polos para podermos designar qual será chamado de positivo e qual será chamado de negativo. Podemos também designar o positivo como cátodo, que é onde se recebem elétrons, e o negativo como ânodo, que perde elétrons.

Revendo:

Positivo + Cátodo

Negativo – Ânodo

Uma bateria de automóvel possui seus polos estrategicamente bem destacados, a fim de que não sejam invertidas as ligações dos cabos, o que poderia ocasionar sérios danos à rede elétrica do automóvel. Veja figura abaixo:

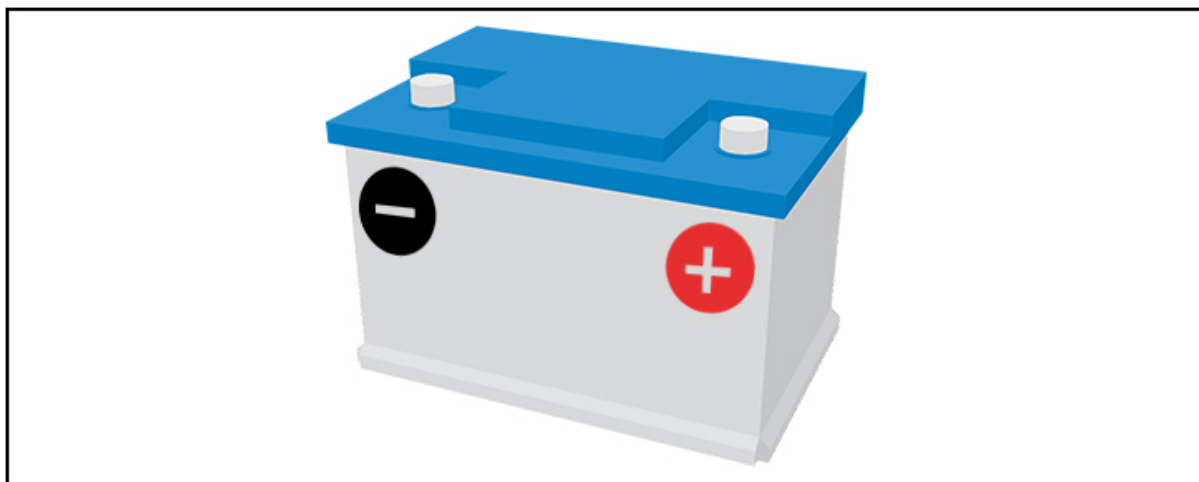


Figura 5 – Bateria de automóvel.

Quando carregada, uma bateria ou acumulador de energia, como é chamada comumente, possui em seu ânodo (ou polo negativo) uma quantidade de elétrons maior que no cátodo (ou polo positivo); esta quantidade é estabilizada por processo químico interno, mantendo a bateria com uma DDP (diferença de potencial) que é medida em Volts. Para que ocorra o carregamento do acumulador, é necessária uma DDP acima de 12 Volts, enquanto que nos veículos esta voltagem normalmente é de 13,8 Volts, ajustada pelo regulador de DDP contido no alternador.

Quando o acumulador está completamente descarregado, a quantidade de elétrons é a mesma nos dois polos. Se neste momento fizermos a medição com um voltímetro, equipamento apropriado, encontraremos 0 Volts (carga nula).

## 2.2- Resistência

Podemos definir a resistência como sendo a dificuldade que os elétrons encontram para percorrer o caminho do ânodo até o cátodo. Esta resistência pode variar de acordo com o diâmetro do material percorrido, com a sua temperatura e até mesmo com a diversidade de materiais utilizados no circuito elétrico que existem na natureza. Normalmente, para se levar cargas de um lugar para outro, utilizamos materiais conhecidos como “bons condutores de eletricidade” e utilizamos como isoladores destes componentes, materiais conhecidos como “maus condutores de eletricidade”. Assim, podemos ter como bons condutores de eletricidade o alumínio e o cobre, e como maus condutores a borracha, a madeira e a cerâmica.

Podemos utilizar novamente a caixa d’água como analogia. A resistência poderia ser entendida como o cano que leva a água da caixa até a saída. Quanto maior o diâmetro



do cano, mais fácil a água irá percorrê-lo e conseqüentemente terá uma menor resistência, ou seja, seguindo para zero (0) em resistência. Por outro lado, quanto menor o diâmetro do cano, mais dificuldade a água terá para escoar até a saída. Neste caso, teremos uma maior resistência à passagem da água.

A resistência de um material é dada em Ohms, e medimos com um ohmímetro. Para medirmos a resistência, devemos desligar o material a ser medido, ou seja, não deve haver corrente elétrica percorrendo o material.

Podemos considerar que todos os materiais possuem resistência à passagem dos elétrons, desta maneira, o valor de resistência zero (0) é apenas teórico. Mas sabemos que quanto mais próximos dele a resistência estiver, mais livre se dará a passagem dos elétrons. O curto-circuito ocorre quando se tem uma resistência próxima de zero. Veja um multímetro com as medições de resistência:

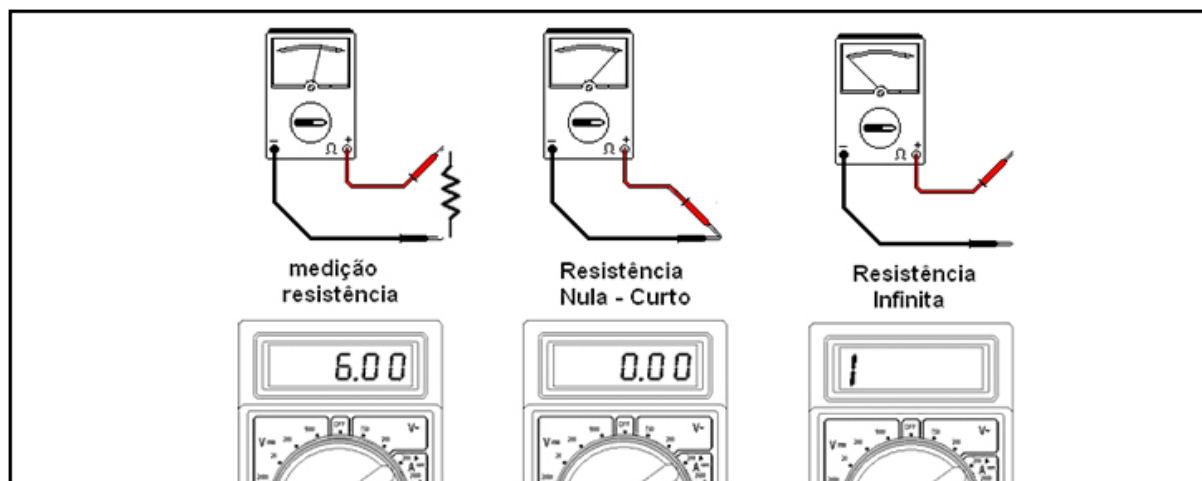


Figura 6 – Multímetro.

O resistor, propriamente dito, faz parte de qualquer circuito, já que a corrente elétrica, ao atravessá-lo, promove um acontecimento qualquer, por exemplo: gerar calor, produzir eletroímã, provocar movimentos, baixar tensões e etc.. Assim, podemos, de uma maneira geral, considerar como resistor todo material percorrido por uma corrente elétrica.

Abaixo exemplos de resistores:



Figura 7 – Resistores.

### 2.3- Amperagem

A quantidade de elétrons que pode passar por uma seção de um material é conhecida como amperagem, é mensurada com um amperímetro, e a unidade de medida é o Ampère simbolizado pela letra “A”.

É necessário que o circuito esteja em funcionamento para que se consiga medir a amperagem. E na maioria dos equipamentos utilizados para esta medição, a corrente deverá percorrê-lo, numa ligação conhecida como ligação em série.

A amperagem está diretamente relacionada com os valores em Volts que o circuito está submetido e com os valores da resistência do circuito em questão. Esta relação poderá ser vista no próximo tópico.

### 2.4- Primeira Lei de Ohm

A relação matemática existente entre os valores em Volts, Ohms e Ampère de um dado circuito ficou conhecido como a 1ª Lei de Ohm, veja abaixo:

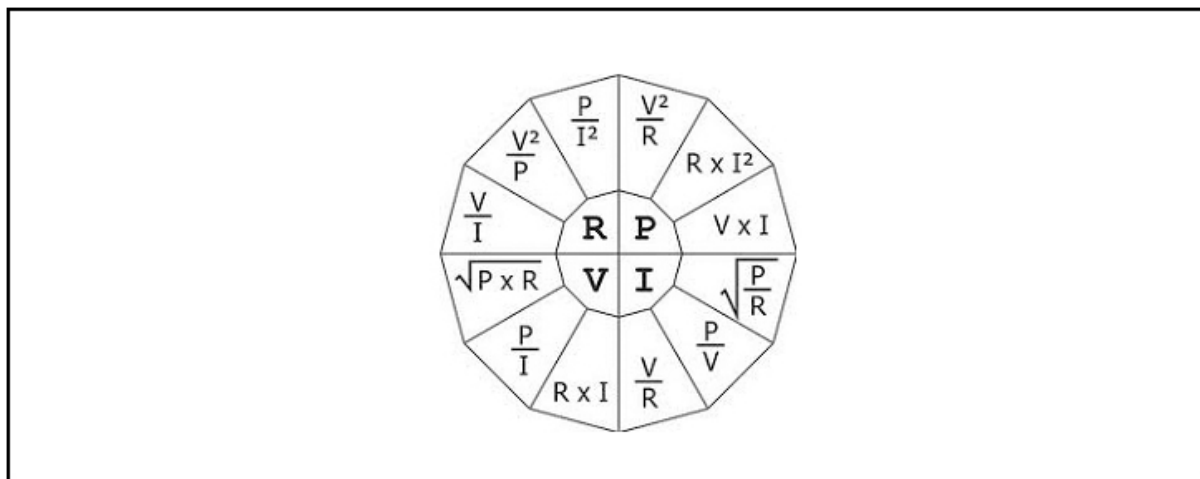


Figura 8 – Equações de Ohm.

Com estas equações podemos estabelecer valores antecipados de resistência e voltagem, de acordo com resultado pretendido. Por exemplo: se queremos que uma lâmpada ilumine com 500watts de potência ligada a uma fonte de 12volts, devemos, por intermédio das equações de Ohm, chegar ao valor de resistência ideal do filamento desta lâmpada.

Percebemos que podemos utilizar esta Lei para várias operações desejadas, como exemplo, encontrar o fusível de proteção ideal para um determinado circuito.

Podemos exemplificar com um simples chuveiro elétrico. A placa deste chuveiro trás as seguintes identificações:

220 Volts

5500watts

E segundo a lei de Ohm, qual a amperagem produzida pelo circuito deste chuveiro?

Aplicando as fórmulas de Ohm, teremos:

$$P = V.I, \text{ assim, } 5500\text{watts} = 220 \times I$$

Em que,  $I = 5500/220$ , desta maneira  $I = 25$ , ou seja, 25 A.

Agora podemos perguntar, qual a resistência elétrica deste chuveiro?

$$R = V/I, \text{ assim, } R = 220V/25A, \text{ que dá, } R = 8.8$$

## 2.5- Corrente induzida

Podemos, por intermédio de um circuito independente, induzir corrente elétrica em outro circuito próximo. Este fenômeno físico é conhecido como indução elétrica, e é



largamente utilizado principalmente na construção de transformadores e motores elétricos. Veja abaixo um exemplo:

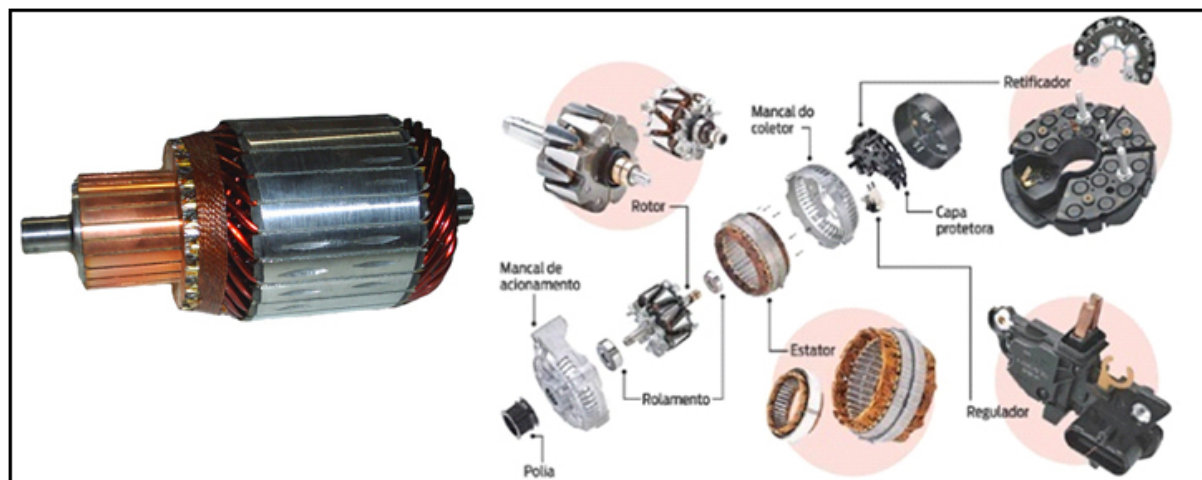


Figura 9 – Alternador.

Neste caso temos uma aplicação muito comum em automóveis. O alternador, peça vital no sistema elétrico de veículos atuais, se utiliza do fenômeno da indução elétrica.

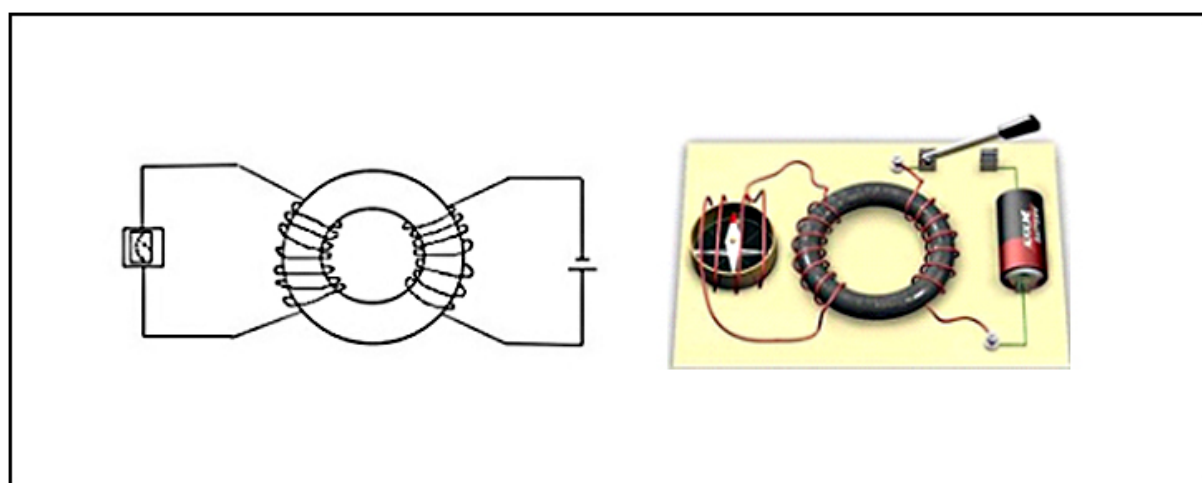


Figura 10 – Diagrama que demonstra uma maneira de induzir corrente elétrica em um circuito independente.

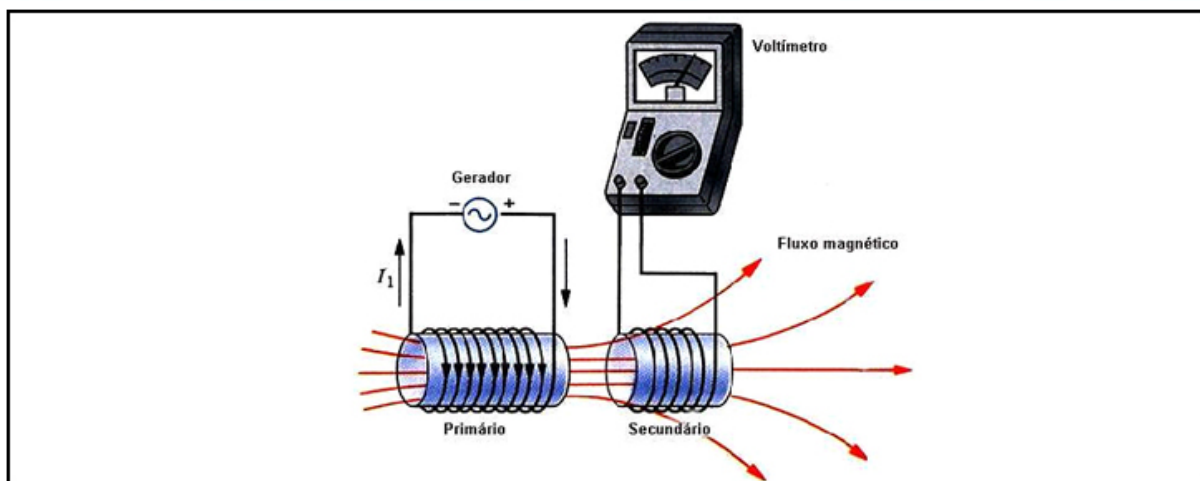


Figura 11 – Outro exemplo de circuito indutor de corrente elétrica.

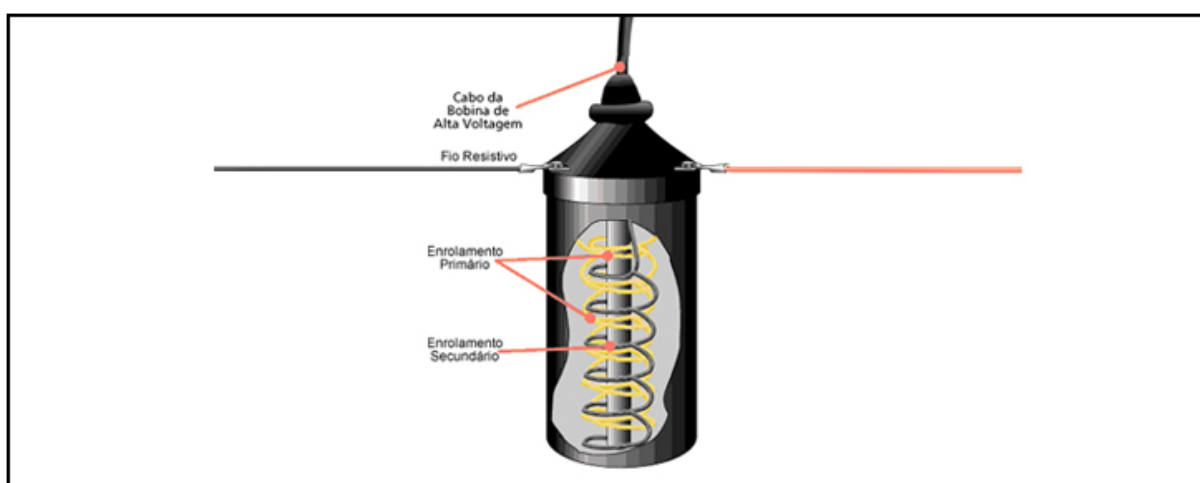


Figura 12 – Bobina automotiva, capaz de elevar uma DDP de 12 Volts para valores superiores aos 20.000 Volts.

## 2.6- Corrente alternada

Conhecemos como corrente alternada aquela que sofre variações em sua DDP em um determinado tempo. Podemos encontrá-la comumente em circuitos residenciais. No entanto, nos automóveis pode ser encontrada na parte interna de um alternador e na saída de alguns sensores como os indutivos e sonda lambda. Veja abaixo um gráfico representativo de corrente alternada:

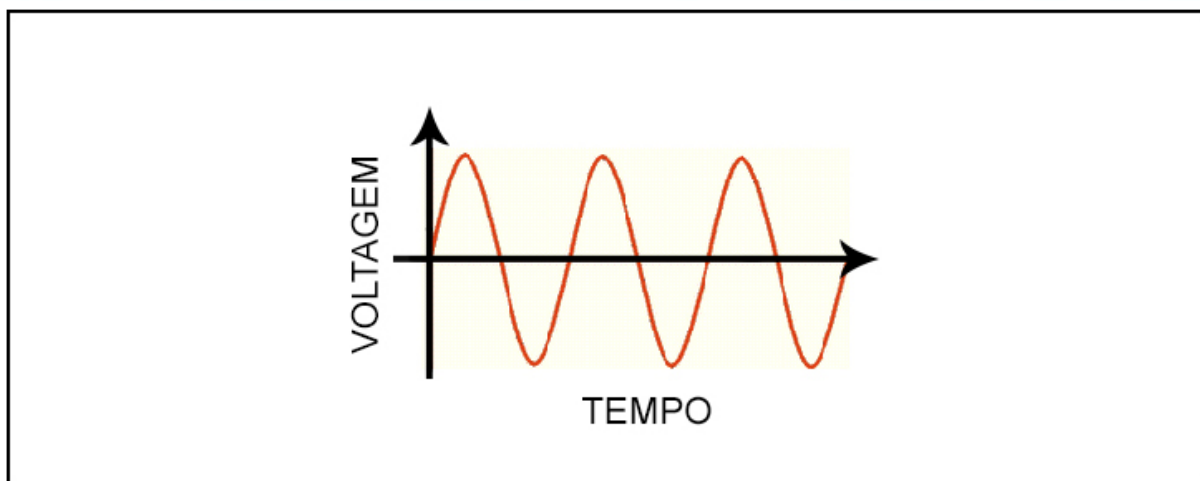


Figura 13 – Corrente alternada.

### 2.7-Corrente contínua

Ao contrário da corrente alternada, a corrente contínua não sofre variações em um espaço de tempo. Pode ser encontrada em acumuladores, pilhas, baterias e geradores de corrente contínua. Veja abaixo um gráfico que representa a corrente contínua:

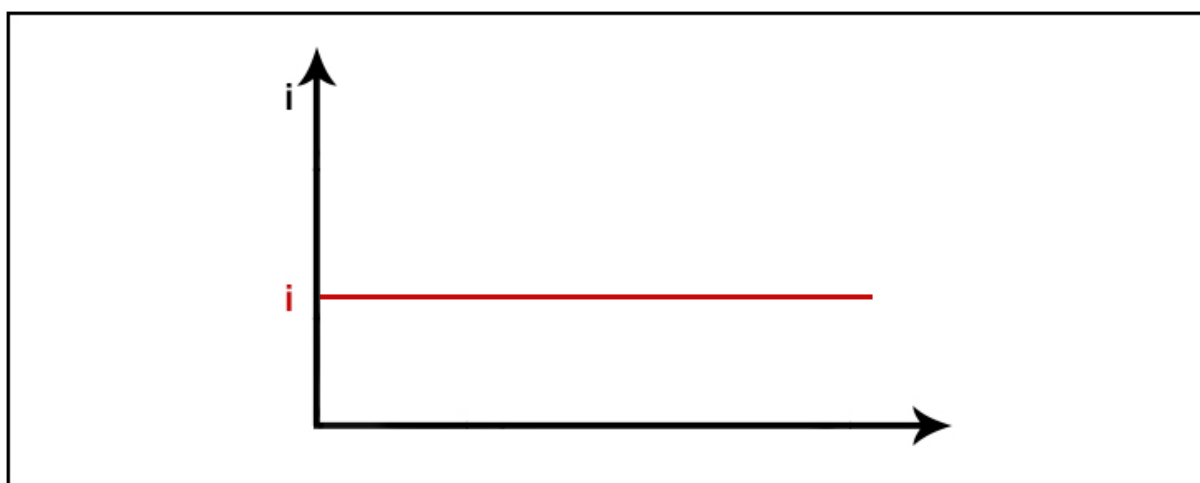


Figura 14 – Gráfico de corrente contínua.

### 2.8- Frequência

Podemos medir as variações de tensão em um circuito. Para tanto, utilizaremos um equipamento conhecido como frequencímetro. O resultado nos é dado em Hertz, unidade de medida representada por “Hz”. Alguns sistemas no automóvel nos fornecem dados em Hz e, nestes casos, para um diagnóstico mais preciso, se faz necessária a utilização deste equipamento.



A rede elétrica residencial possui corrente alternada e a frequência da oscilação desta corrente é de 60Hz, ou seja, ela possui 60 ciclos de onda em um segundo.

## 2.9- Acumuladores ou baterias

Sua principal função é fornecer energia para o início de funcionamento do veículo, ou seja, alimentar o motor de arranque com energia elétrica para que o motor inicie seu funcionamento. A bateria possui capacidade para armazenar energia por vários dias. Mas a bateria, além da partida imediata, também auxilia na estabilização da energia fornecida pelo alternador, diminuindo os riscos de variações bruscas de tensão. A bateria possui dois terminais, um cátodo e um ânodo, normalmente confeccionados em chumbo.

Devemos tomar alguns cuidados na manutenção deste item, como manter os terminais sempre limpos e livre de oxidação. E em caso de ter que dar partida, utilizando-se de bateria auxiliar, tomar os seguintes cuidados: Ligar os cabos da bateria auxiliar na bateria do veículo observando atentamente a polarização, elas devem coincidir, ou seja, positivo com positivo e negativo com negativo; ligar o veículo auxiliar e deixá-lo funcionando de 5 a 10 minutos, depois dar partida no veículo com problemas e deixá-lo funcionando de 5 a 10 minutos e, para finalizar, desligar os cabos. Esse procedimento diminui as chances de ocorrer picos de tensão que podem danificar componentes eletrônicos do veículo.

## 2.10- Geradores

A função dos geradores elétricos pode ser fornecer energia para utilização imediata, como fazem os geradores de usinas hidrelétricas, ou pode ser para utilização mista, ou seja, além de suprir o consumo daquele instante, acumular energia para futura necessidade. A segunda opção é a que se faz presente nos automóveis.

Nossos automóveis são equipados com um acumulador (bateria) e um gerador (alternador). Quando o motor entra em funcionamento, o gerador assume a dupla função de suprir a demanda de energia do automóvel e ainda manter carregada a bateria para partidas futuras.

Um gerador produz uma corrente elétrica induzida do cátodo para o ânodo, sentido inverso da corrente, veja na figura abaixo:

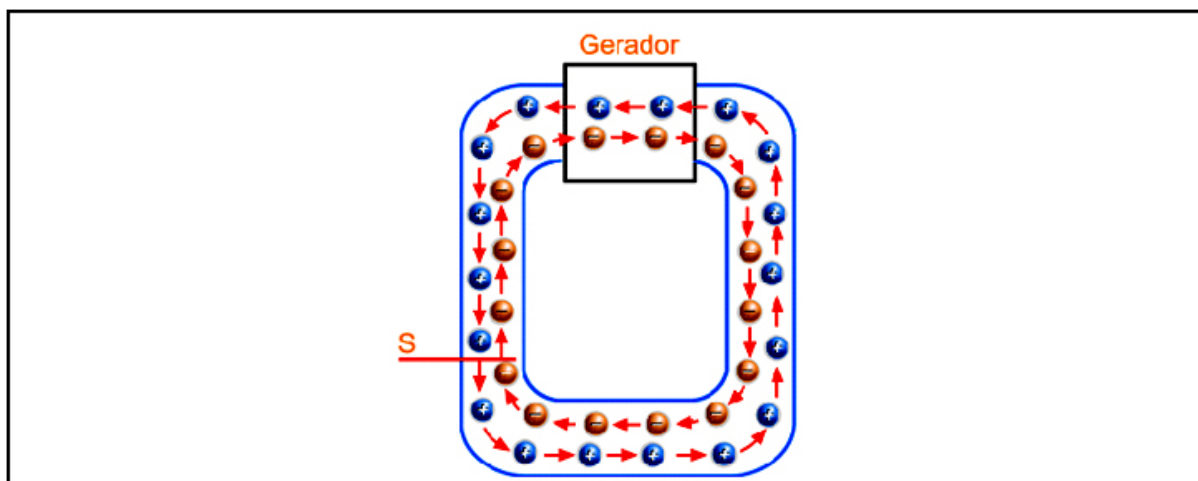


Figura 15 – Gerador.

### 3 - Sistema de Alimentação de Combustível

Nos veículos atuais, a alimentação de combustível se faz por intermédio de cálculos eletrônicos. Este gerenciamento é realizado por um computador, conhecido como central de injeção, que calcula a quantidade de combustível exata para cada regime de funcionamento do motor. Ela consegue isto analisando dados provenientes de sensores espalhados pelo automóvel, que, no momento ideal, envia sinais aos atuadores, e estes por sua vez, realizarão as ordens enviadas pela central.

No Brasil, temos vários modelos de sistemas de injeção. Desde que estes sistemas passaram a equipar nossos veículos, ainda na década de 90, eles vêm evoluindo e se utilizando das mais modernas tecnologias disponíveis.

Por questão didática, podemos dividir os sistemas de alimentação de combustíveis em dois grupos básicos: os sistemas Monoponto, que possuem um injetor, e os sistemas Multiponto, que possuem um injetor de combustível para cada cilindro. Veja abaixo uma figura que ilustra os principais componentes de um sistema de injeção eletrônica.

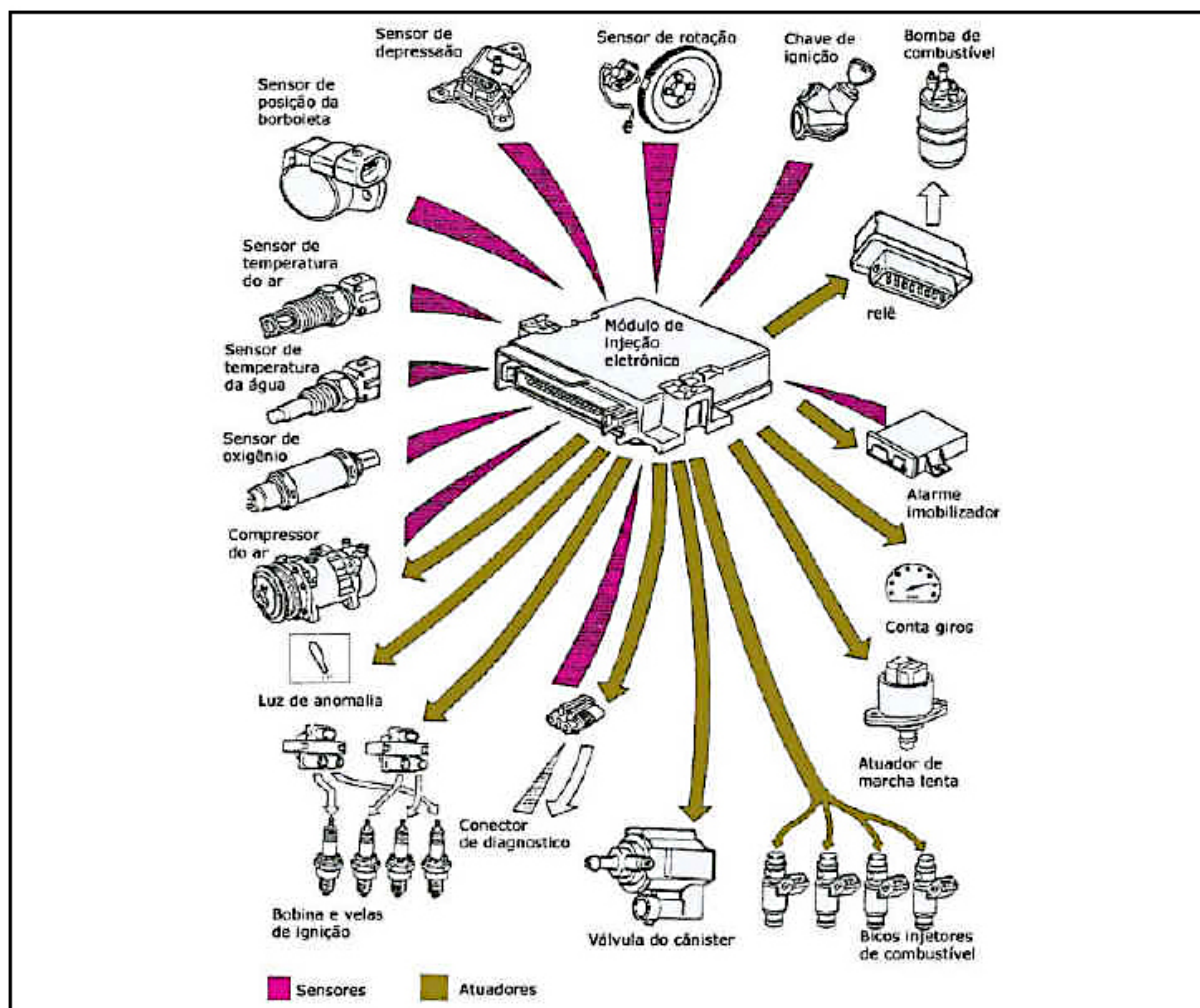


Figura 16 – Sistema de injeção eletrônica.

Nos próximos tópicos passaremos a analisar detalhadamente cada um dos dois grupos.

### 3.1- Sistema Monoponto

O sistema de injeção eletrônica Monoponto, ou seja, aquele que possui apenas um injetor, chegou ao Brasil posteriormente ao sistema Multiponto. A história é curiosa: já que tínhamos sistemas Multiponto, por que então retornar ao sistema Monoponto, que por motivos diversos se coloca em condição inferior a ele?

Em 1988, a Volkswagen inaugura no Brasil a era da injeção eletrônica, e traz um sistema Multiponto já ultrapassado na Alemanha, mas que significou um salto e tanto para o Brasil, que ainda utilizava o carburador no sistema de alimentação.



Quase simultaneamente, em 1990, a abertura econômica coloca o Brasil em contato com novas tecnologias. As montadoras nacionais precisavam se adaptar rapidamente às mudanças do mercado e começaram a lançar sistemas de injeção eletrônica que fossem ao mesmo tempo eficientes e mais baratos. Assim, surgem incessantes adaptações de sistemas de injeção Monoponto, que tanto já eram utilizados em outros países da América Latina quanto também eram mais baratos, possibilitando a concorrência com veículos importados.

Em 1992, com as novas resoluções de emissões de gases efeito estufa na atmosfera, as montadoras se viram obrigadas a utilizar sistemas cada vez mais avançados e retornaram imediatamente aos sistemas Multiponto. Só que, em uma nova fase, ao invés de utilizar sistemas Multiponto analógicos, como eram os que a Volkswagen trouxe para o Brasil em 1988, passaram a utilizar sistemas digitais, com velocidade de processamento muito superior.

O sistema Monoponto, como o nome já diz, possui apenas um injetor de combustível. Sabemos que os motores de automóveis possuem ao menos quatro cilindros. Por isto, este componente acaba tendo que se multiplicar em capacidade para conseguir realizar um funcionamento perfeito. A própria condição de montagem a qual ele é submetido, haja vista, distante da câmara de explosão, já é uma barreira para o funcionamento perfeito dos motores. De qualquer modo, devemos observar que o sistema Monoponto ainda é bem superior ao sistema Multiponto do Gol GTi, proposto pela Volkswagen em 1988, e aos sistemas carburados que equipavam nossos automóveis.

Abaixo algumas ilustrações de componentes do sistema Monoponto.

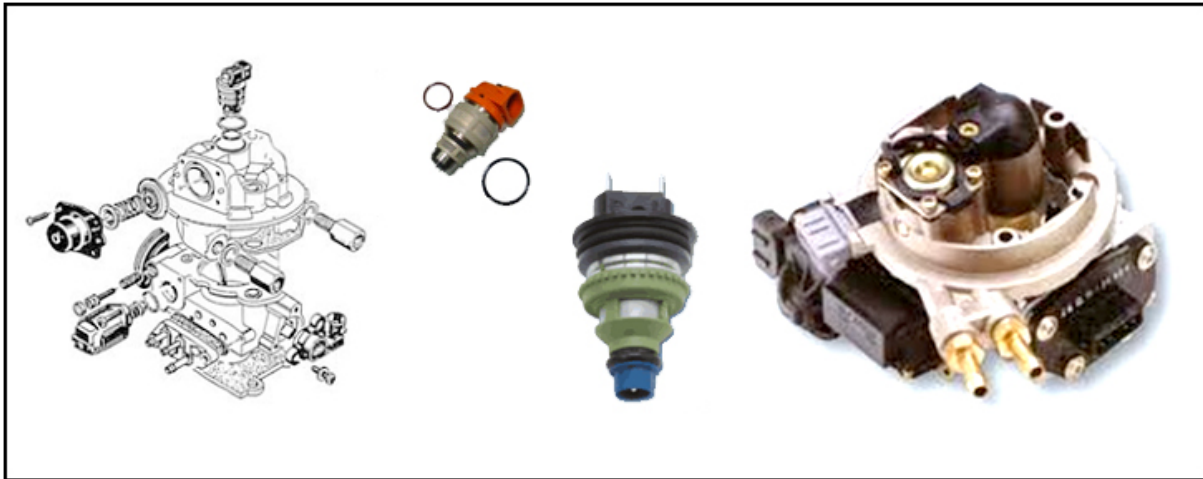


Figura 17 – Componentes do sistema Monoponto.

### 3.2- Sistema Multiponto

No sistema Multiponto, podemos ter os quatro injetores funcionando de maneira simultânea, ou seja, injetando combustível de uma só vez. Neste caso, ele não se mostra tão eficiente, já que despeja combustível em todos os cilindros no momento em que apenas um se mostra preparado para recebê-lo, piorando o processo de atomização do combustível. Este sistema pode ser conhecido como injeção simultânea.

Temos também o sistema Multiponto que despeja combustível no modo semi-sequencial. Este já é bem mais eficiente que o simultâneo, mas continua enviando combustível em pelo menos um cilindro em momento inoportuno.

O sistema atual, conhecido como sequencial, despeja combustível em processo individual, ou seja, coloca a quantidade exata de combustível em cada cilindro, melhorando o processo de atomização e evitando que fique combustível parado na entrada do cilindro até ser sugado para a câmara.

Abaixo estão algumas ilustrações de componentes do sistema multiponto:



Figura 18 – Componentes do sistema multiponto.

### 3.3- Sistemas de Alimentação Motores Diesel

Enquanto os sistemas de injeção eletrônica de automóveis avançavam rapidamente no quesito tecnologia, os sistemas de alimentação de combustível dos utilitários e caminhões caminhavam a passos lentos, e a Bomba Injetora, equipamento ineficiente para atender às novas regras de emissões de poluentes, ainda equipava grande parte da nossa frota. É claro que, dentre os veículos produzidos hoje, praticamente todos saem da fábrica com sistemas de injeção comandados eletronicamente.

A linha diesel brasileira não obteve um avanço gradativo como a de veículos leves. A linha diesel obteve sim um salto tecnológico que deixou uma gama enorme de reparadores desesperados em aprender tudo sobre eletricidade, a fim de conhecer melhor os sistemas que chegavam para ser reparados em suas oficinas.

Podemos destacar dois sistemas de injeção eletrônica diesel que predominam hoje em nosso mercado. Abordaremos nos tópicos abaixo.

### 3.4- Sistema de Alimentação Diesel Common-rail.

Este sistema se faz presente principalmente na linha diesel leve, embora possa também equipar a linha pesada, em menor número. Caracteriza-se por alguns aspectos: possui um injetor para cada cilindro, ligados uniformemente em um tubo comum (daí o nome common-rail); estes injetores são alimentados por uma bomba de alta pressão; a pressão produzida pela “Bomba de Alta” pode chegar facilmente à casa dos 1600 Bar, o que melhora em grande escala a atomização do combustível, resultando numa queima



muito mais eficiente em relação ao que tínhamos no sistema alimentado por Bomba Injetora.

Abaixo ilustração dos principais componentes do sistema Common-rail.

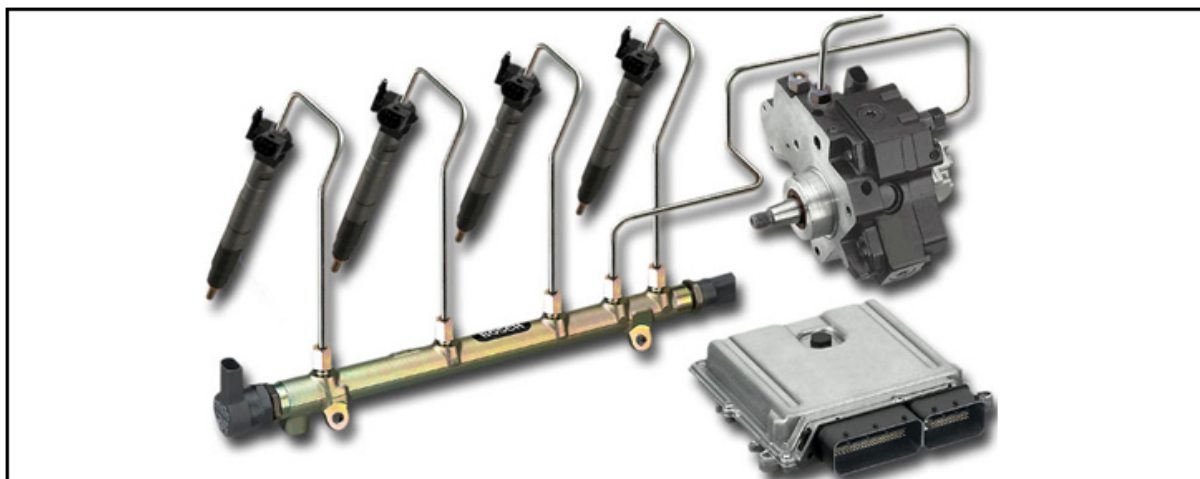


Figura 19 – Componentes do sistema Common-rail.

### 3.5- Sistema de Alimentação Diesel por Unidade Injetora

Este sistema se faz presente na linha pesada diesel, e mostra-se bastante eficiente, embora as atualizações demonstrem que será substituído em breve pelo sistema Common-rail, que consegue realizar injeções de combustível mais precisas.

Abaixo ilustrações dos componentes principais deste sistema.



Figura 20 – Componentes do sistema de alimentação diesel por unidade injetora.

## 4- Sensores e Atuadores

Para que a central eletrônica atue sobre o funcionamento de algum componente, é necessário que ela consiga realizar a leitura do estado em que se encontra o veículo naquele momento, ou seja, precisa saber se naquele determinado momento é possível, de acordo com programações pré-definidas pelo fabricante, realizar tal comando.

Para tanto, ela realiza leituras e comandos simultaneamente. Sempre por intermédio de atuadores e sensores espalhados pelo veículo. Abaixo ilustração de um sistema.

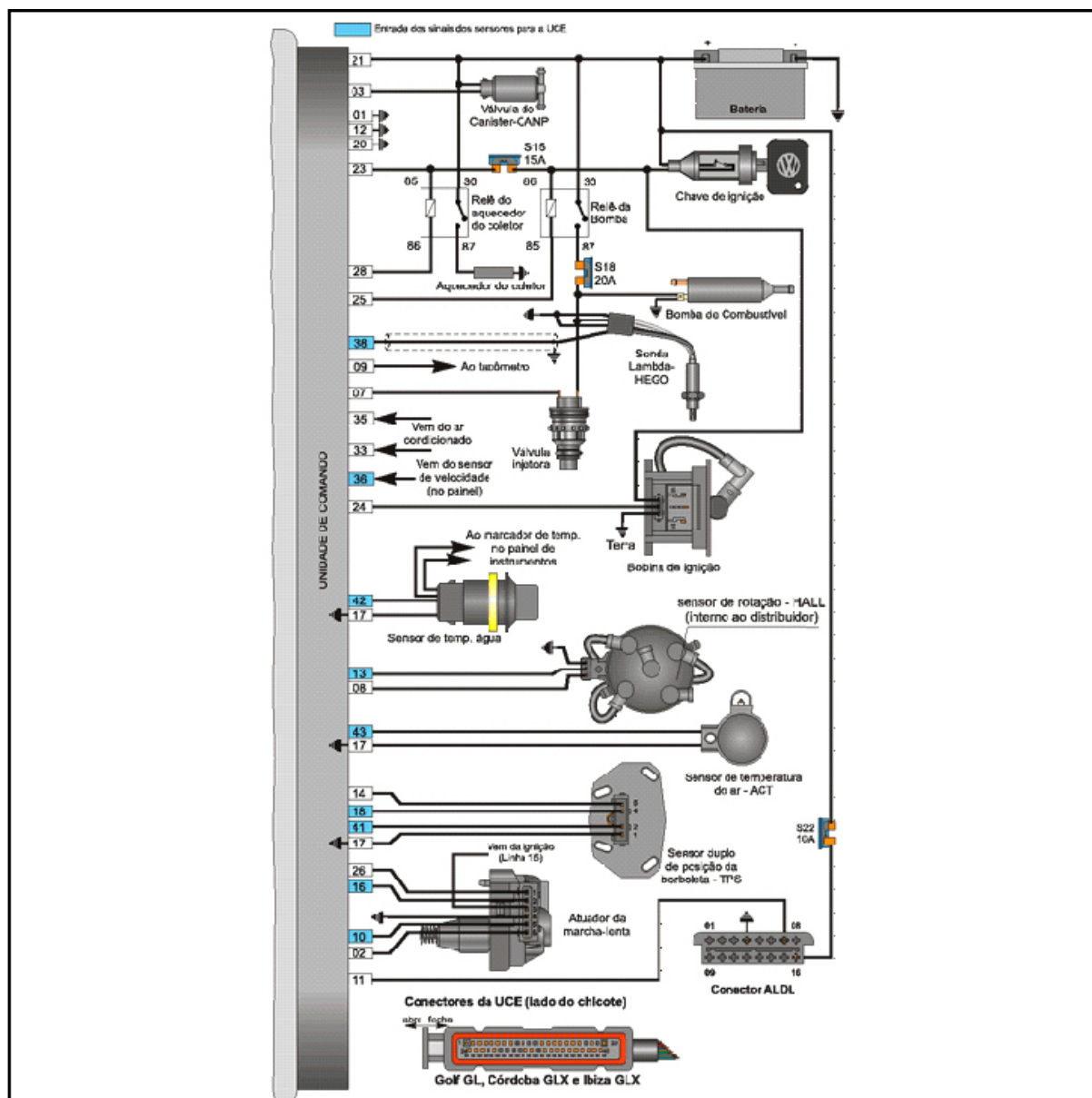


Figura 21 – Sistema de sensores e atuadores.

## 4.1- Sensores

Responsáveis por enviar sinais elétricos para a central de injeção, estes componentes estão espalhados pelo veículo, e são vitais para o perfeito funcionamento do conjunto. A central eletrônica toma decisões baseadas nas leituras destes componentes. Desta maneira, se eles informarem algum dado errado para a central de injeção, é bem provável que esta tomará decisões erradas, o que podemos chamar de anomalias do sistema de injeção. Deste modo, começamos a perceber que nem sempre quando um atuador funciona de maneira incorreta é por um erro interno dele.

Vamos analisar detidamente cada componente.

### 4.1.1- Sensor de Posição do Pedal Acelerador

É responsável por informar para a central a posição instantânea do pedal do acelerador, fazendo com que essa perceba as reações do condutor e suas intenções. Quando o condutor pretende realizar uma ultrapassagem, ele pisa mais forte no acelerador e o sinal elétrico enviado pelo sensor é modificado, logo, a central entende que deverá aumentar a quantidade de combustível injetada, possibilitando que o veículo ganhe velocidade e realize a ultrapassagem.

Possui normalmente dois potenciômetros internos, que podem ser testados com o uso do multímetro, tanto no modo resistência quanto no modo voltagem. Este último é mais recomendado devido a sua maior eficiência.

É viável utilizarmos o osciloscópio para testar estes componentes, pois algumas falhas ocorrem de forma tão rápida que o multímetro não consegue nos mostrar.



Figura 22 – Sensor de posição do acelerador.



#### 4.1.2- Sensor de Posição do Virabrequim ou Rotação

A central de injeção consegue, por intermédio do sensor de rotação, a posição exata do eixo virabrequim. Este dado é muito importante, tendo em vista que a hora exata da injeção, o momento certo para o envio da centelha da vela e a preparação para o próximo ciclo, somente é possível se a central obtiver esta informação de maneira precisa.

O sensor de rotação normalmente é instalado junto às extremidades do eixo virabrequim, na polia dianteira ou no volante traseiro, porém nada impede que ele seja instalado dentro do distribuidor, como ocorre em alguns veículos.

Veja abaixo uma ilustração na qual a instalação do sensor se dá em uma polia.

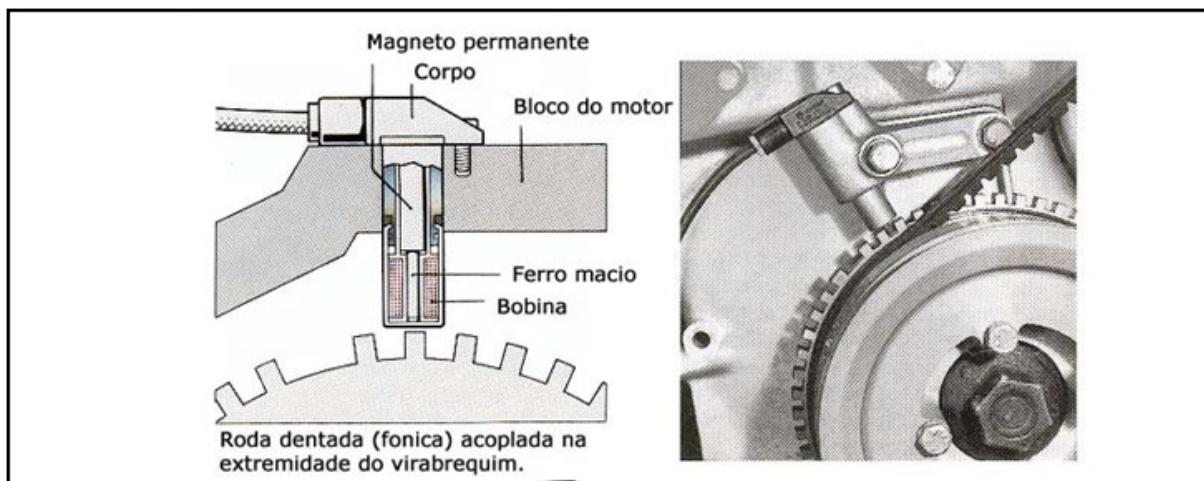


Figura 23 – Instalação do sensor em uma polia.

Este nada mais é que um gerador de energia, que possui em seu interior um ímã permanente e um cilindro de ferro maciço, envolvido por um enrolamento de fio de cobre. Quando os ressaltos da polia passam à frente do sensor, este induz uma corrente elétrica na forma de pulso, que é enviada diretamente à central de injeção.

Veja o seu sinal capturado por um osciloscópio.

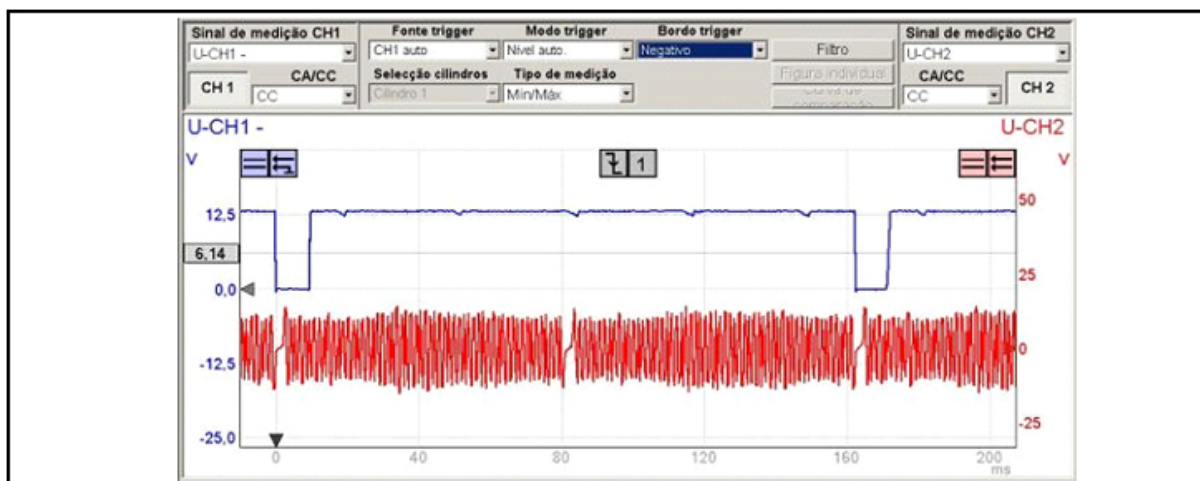


Figura 24 – Corrente elétrica na forma de pulso.

Podemos observar na ilustração anterior que existe uma sequência de sinais intercalada por um pequeno espaço. Este espaço é a falha de dois dentes que existem propositalmente na polia, a fim de que a central reconheça a posição exata do eixo virabrequim. Por intermédio de programação pré-determinada pelo fabricante, a central sabe qual a posição em que se encontra o eixo virabrequim quando ocorre a falha, e inicia uma contagem de dente por dente, com valores em graus pré-estabelecidos.

Desta maneira, em um motor com quatro cilindros, a central calcula que, após a falha, ela deverá esperar a contagem de 20 dentes e disparar uma centelha na vela de ignição do 3º cilindro, passando para 19º ou 21º, sabendo que precisa adiantar ou atrasar o ponto de ignição.

#### 4.1.3- Sonda Lambda

A mistura ar-combustível de um motor deve ser calculada de maneira bem precisa, para que este funcione de forma a utilizar o máximo de sua capacidade, evitando desperdício de combustível.

Para tanto, é instalada em alguns sistemas a sonda lambda, que nada mais é do que um gerador de corrente elétrica sensível à diferença do teor de oxigênio resultante da queima da mistura em relação ao ar atmosférico.

Desta maneira, temos que, quanto mais oxigênio resulta da queima da mistura ar-combustível, mais pobre está a mistura, fazendo com que a DDP gerada pela sonda diminua e, quanto menor for o teor de oxigênio resultante da mistura, maior a DDP gerada pela sonda.

Com estes dados, a central de injeção poderá aumentar ou diminuir a quantidade de combustível desejada para cada regime de funcionamento do motor.

Veja abaixo a ilustração de uma sonda lambda.



Figura 25 – Sonda lambda.

O sinal gerado pela sonda varia de 0 à 1 Volt, sendo que quanto mais pobre a mistura, ou seja, menos combustível em relação à quantidade de ar, mais próximo de 0 a voltagem estará.

Veja abaixo um sinal gerado por uma sonda lambda em um osciloscópio eletrônico, equipamento ideal para realizar este tipo de leitura.

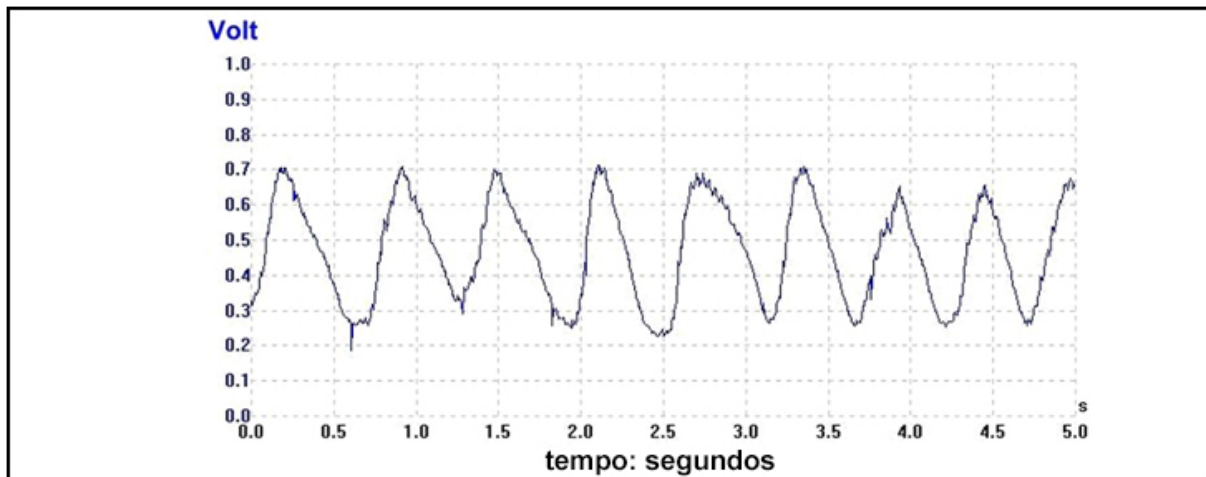


Figura 26 – Gráfico de tensão senoidal da sonda lambda.

A sonda lambda inicia seu funcionamento com precisão somente depois de atingir uma temperatura de 300°C, assim ela precisa passar pela fase de aquecimento antes da central de injeção começar a considerar a sua leitura. Este aquecimento pode se



dar pelo próprio aquecimento da descarga do veículo, ou por resistência de aquecimento.

Temos dois tipos de sonda lambda, considerando o material sensível empregado na sua construção. Desta forma, temos a sonda a base de óxido de zircônio e o óxido de Titânio.

Uma sonda pode possuir 1, 2, 3 ou 4 fios. Apesar da diferença de quantidade de fios, o funcionamento em si não sofre alteração. É o que veremos a seguir:

Sonda de 1 fio – possui aquecimento proporcionado pelo cano de descarga e seu aterramento é realizado também pelo próprio cano de descarga.

Sonda de 2 fios – possui aquecimento realizado pelo próprio cano de descarga e aterramento pela central.

Sonda de 3 fios – possui aquecimento realizado por resistência elétrica inserida no interior da sonda, com aterramento da resistência na própria descarga e aterramento de funcionamento pela central.

Sonda de 4 fios – possui aquecimento realizado por resistência elétrica inserida no interior da sonda, com aterramento da resistência no circuito elétrico do veículo e aterramento do circuito de funcionamento pela central de injeção.

Normalmente uma sonda tem as seguintes cores de fios, podendo variar em caso de veículos originários da Ásia:

Fio branco – positivo para aquecimento.

Fio branco – negativo para aquecimento.

Fio cinza – aterramento proveniente da central de injeção.

Fio preto – sinal gerado pela sonda lambda e enviado para central.

#### 4.1.4- Sensor de Posição de Borboleta

Este sensor é responsável por informar à central de injeção a posição em que se encontra a borboleta de aceleração. Por meio de valores pré-determinados, a central consegue saber a quantidade exata de ar que está entrando no motor em cada volta completa do eixo-virabrequim.

Ele está ligado diretamente à central de injeção por 3 fios, e possuem os seguintes sinais:

Fio 1 – 5 Volts.

Fio 2 – Aterramento, massa, ou 0 Volts.

Fio 3 – Sinal enviado à central de injeção, pode variar de 0 à 5 Volts.

Veja a ilustração.



Figura 27 – Sensor de posição de borboleta.

Ele nada mais é do que um simples potenciômetro, veja seu esquema de funcionamento.

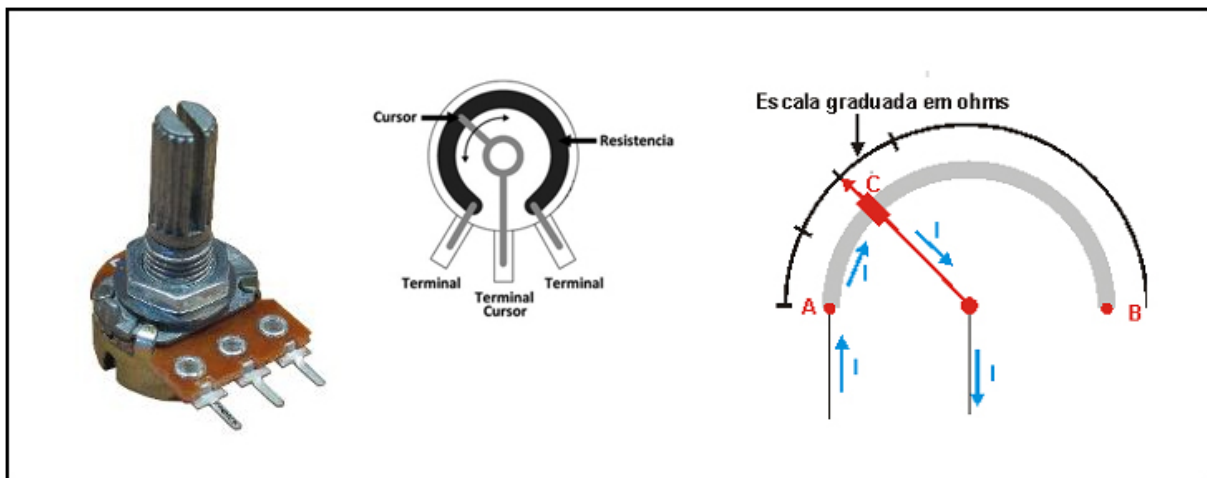


Figura 28 – Funcionamento do sensor.

#### 4.1.5- Sensor de pressão absoluta – MAP

Este sensor possui a função de enviar à central de injeção a pressão instantânea existente dentro do coletor de admissão do motor. A central de injeção, por intermédio deste sensor, e com programação pré-determinada consegue enviar ao motor a quantidade exata de combustível.

Temos dois tipos de sensores de pressão. O sensor capacitivo, que envia sinal de pulso para central e deve ser testado com a utilização de um frequencímetro ou

osciloscópio. E o sensor tipo membrana, que pode ser testado com um simples multímetro, muito embora, como dissemos em outra oportunidade, devemos dar prioridade a utilização do osciloscópio que é sempre mais confiável para este tipo de teste.

Veja ilustração de sensor capacitivo e sensor tipo membrana resistiva.

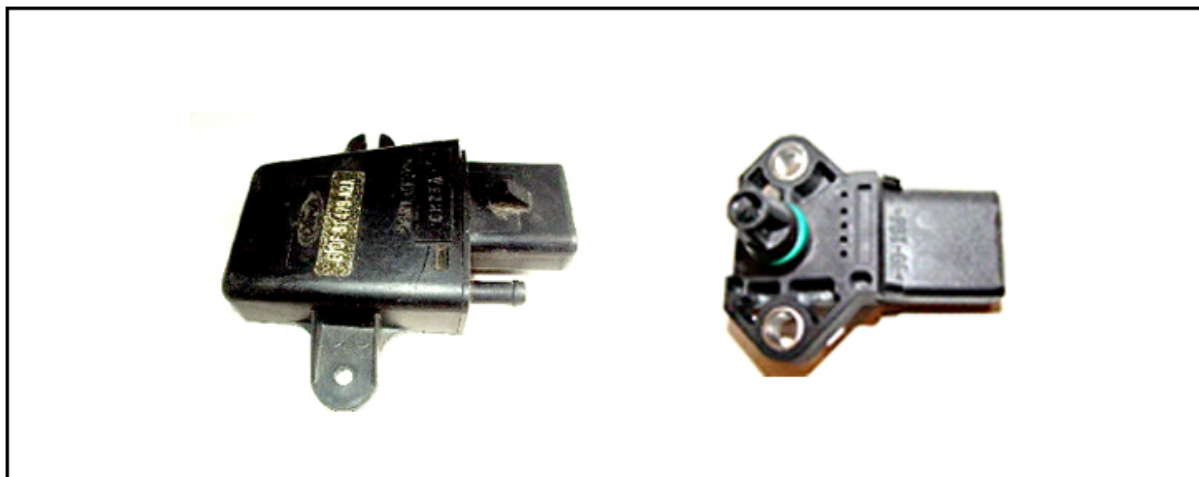


Figura 29 – Sensor capacitivo e sensor tipo membrana resistiva.

Alguns sensores de pressão utilizados normalmente em ar condicionado, são do tipo capacitivo. No entanto, diferem deste apresentado, já que neste o sinal de frequência gerado sofre variação de acordo com a pressão. Já no sensor capacitivo mais moderno, a frequência permanece a mesma, modificando somente a largura do pulso elétrico.

#### 4.1.6- Sensor de fluxo de ar

Este sensor é instalado na entrada de ar do motor, e tem o objetivo de enviar para a central de injeção, sinal elétrico correspondente ao volume de ar aspirado pelo motor.

Ela pode ser de fio quente ou de filme quente. Para seu funcionamento um fio ou um filme é aquecido a 100°C dentro do recipiente onde se quer medir a passagem de ar, quando o ar mais frio passa pela resistência aquecida acaba por alterar seu valor em resistência que altera também a voltagem que é enviada a central.

Veja abaixo ilustração.



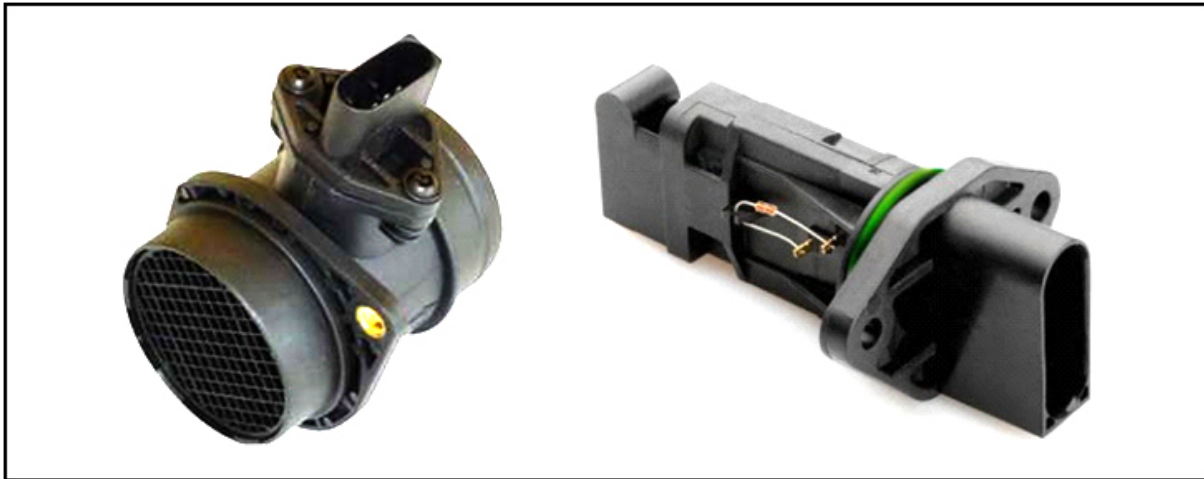


Figura 30 – Sensor de fluxo de ar.

#### 4.1.7- Sensor de massa de ar

Possui o mesmo objetivo do sensor de fluxo de ar, qual seja, enviar para central de injeção um sinal elétrico correspondente a quantidade de ar que o motor aspira naquele momento. No entanto, possui funcionamento diferente do anterior, já que ao invés do fio ou filme quente, este sensor se utiliza do movimento de uma palheta que, por sua vez, move um potenciômetro e que ao final altera o valor de uma resistência. Pela 1ª Lei de Ohm, ao se alterar o valor da resistência, altera-se também o valor da DDP enviada à central de injeção.

Este modelo de sensor equipava alguns sistemas Bosch já ultrapassados. Possui pouca eficiência, tendo em vista que oferece resistência à passagem do ar, ou seja, o ar ao passar por ele move uma palheta mecânica. Além da resistência, a sua velocidade de envio de informação é menor que de fio ou filme quente.

Veja abaixo ilustração.

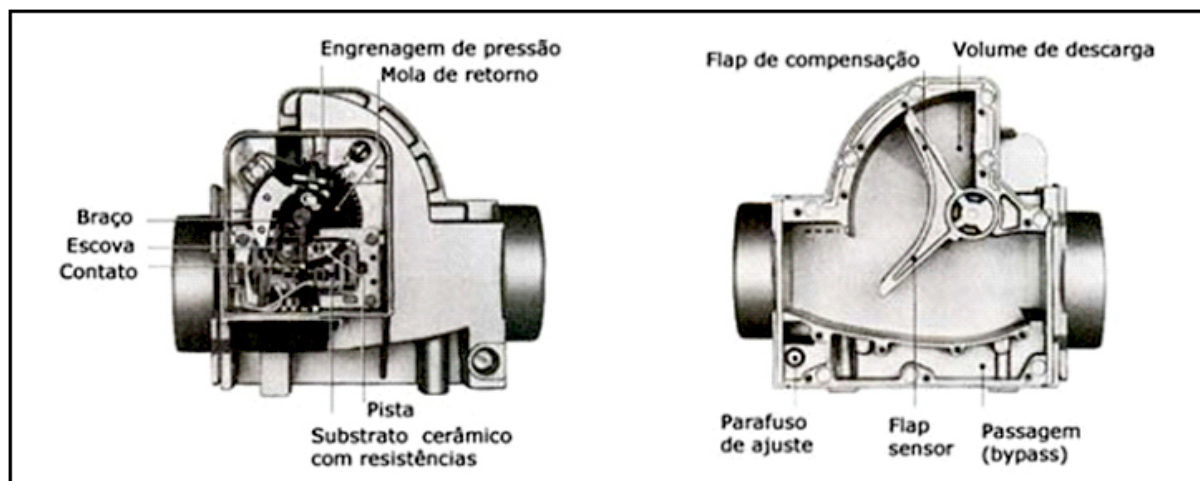


Figura 31 – Sensor de massa de ar.

#### 4.1.8- Sensor de temperatura da água

Tem como objetivo enviar para central de injeção sinal elétrico referente a temperatura da água do motor. Nos veículos, este sensor é do tipo NTC, possui coeficiente negativo de temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura, menor será a sua resistência.

Veja abaixo ilustração.



Figura 32 – Sensor de temperatura da água.

Possui duas conexões elétricas uma com 5 Volts e outra com Negativo, ambas provenientes da central de injeção.

Quando ocorre a variação de temperatura, a resistência interna também se modifica, fazendo com que a DDP varie de 0 a 5 Volts.

Veja abaixo tabela de funcionamento de um sensor de temperatura do tipo NTC.

Tabela 1 – Funcionamento de sensor de temperatura do tipo NTC.

| Temperatura | Resistência   | DDP - Voltagem |
|-------------|---------------|----------------|
| 10°C        | 5870 $\Omega$ | 3,52 Volts     |
| 20°C        | 3730 $\Omega$ | 3,06 Volts     |
| 30°C        | 2430 $\Omega$ | 2,62 Volts     |
| 40°C        | 1620 $\Omega$ | 2,16 Volts     |
| 50°C        | 1100 $\Omega$ | 1,72 Volts     |
| 60°C        | 770 $\Omega$  | 1,35 Volts     |
| 70°C        | 540 $\Omega$  | 1,04 Volts     |
| 80°C        | 380 $\Omega$  | 0,80 Volts     |
| 90°C        | 280 $\Omega$  | 0,61 Volts     |
| 100°C       | 210 $\Omega$  | 0,47 Volts     |
| 110°C       | 150 $\Omega$  | 0,36 Volts     |
| 120°C       | 120 $\Omega$  | 0,28 Volts     |

#### 4.1.9- Sensor de Temperatura do Ar

Possui o objetivo de enviar para a central de injeção o valor da temperatura do ar para que ela possa calcular com mais precisão a quantidade de massa de ar aspirada pelo motor, aumentando sobremaneira sua eficiência.

Possui as mesmas características de funcionamento do sensor de temperatura da água. Veja ilustração.





Figura 33 - Sensor de Temperatura do Ar.

#### 4.1.10- Sensor de temperatura do óleo

Possui a função de enviar para a central de injeção sinal correspondente à temperatura do óleo do motor. Seu funcionamento é idêntico ao da temperatura da água. Veja ilustração.

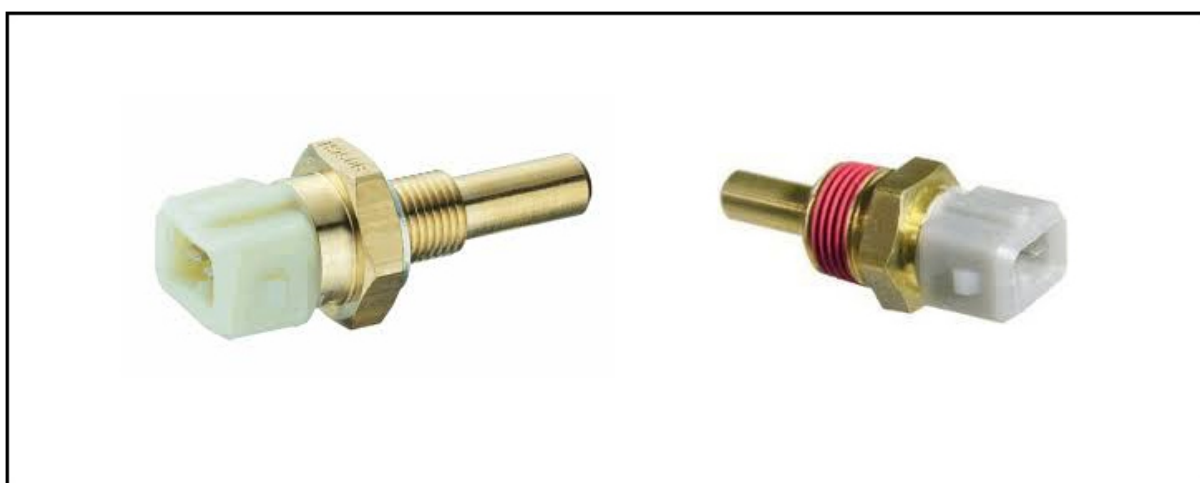


Figura 34 - Sensor de temperatura do óleo.

#### 4.1.11- Sensor de pressão do turbo

Possui o objetivo de enviar sinal elétrico para a central de injeção correspondente à pressão de ar injetada pela turbina, para que ela possa calcular com precisão a quantidade de ar admitida pelo motor.

Seu funcionamento é idêntico ao do sensor de pressão absoluta MAP, constante do item 4.1.4.

Veja ilustração.



Figura 35 - Sensor de pressão do turbo.

#### 4.1.12- Sensor de fase do comando

Possui o objetivo de enviar para a central de injeção a posição do comando de válvulas em relação ao eixo virabrequim, para que ela possa calcular com exatidão qual cilindro deverá receber combustível, centelha, e ainda, verificar em qual dos cilindros está ocorrendo detonação.

Temos dois tipos de sensor de fase, o indutivo, que tem seu funcionamento idêntico a do sensor de rotação constante do item 4.1.2, e o tipo Efeito Hall, que merece melhor dedicação.

O sensor de fase do tipo Efeito Hall, um genioso invento de um americano, o físico Edwin Herbert Hall, em 1879.

Se tivermos uma corrente elétrica passando sobre um determinado material e aplicarmos um campo magnético perpendicular a esta corrente, teremos o efeito Hall, no qual parte da corrente elétrica se desviará perpendicularmente sobre a placa Hall.

Veja abaixo.

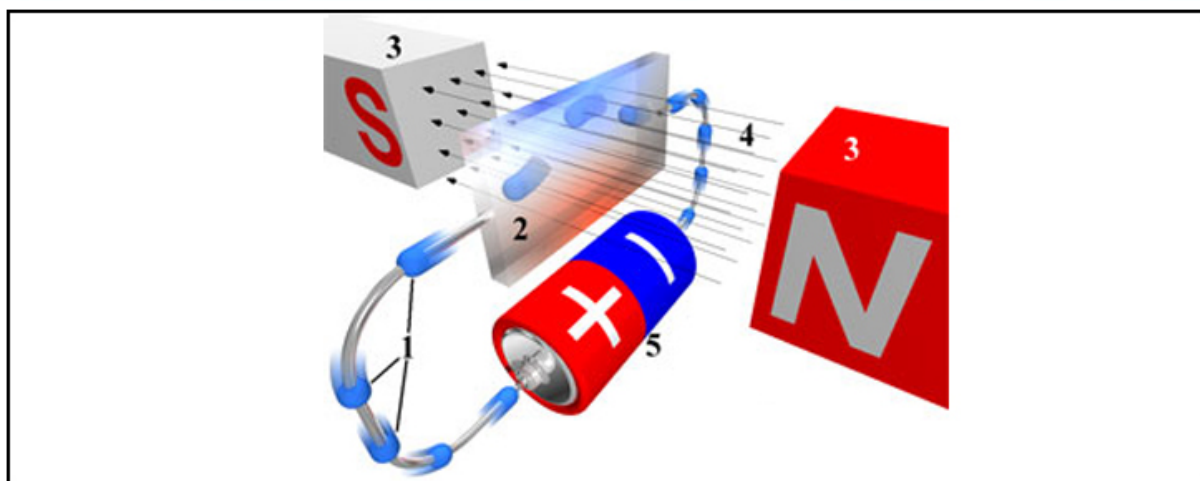


Figura 36 – Sensor de fase do comando.

Os sinais de Efeito Hall formam ondas quadradas, de corte mais rápido que a dos sensores indutivos, dando maior precisão aos dados enviados para a central de injeção.

Veja abaixo ilustração de ondas de efeito Hall comparadas às geradas por sensor indutivo.

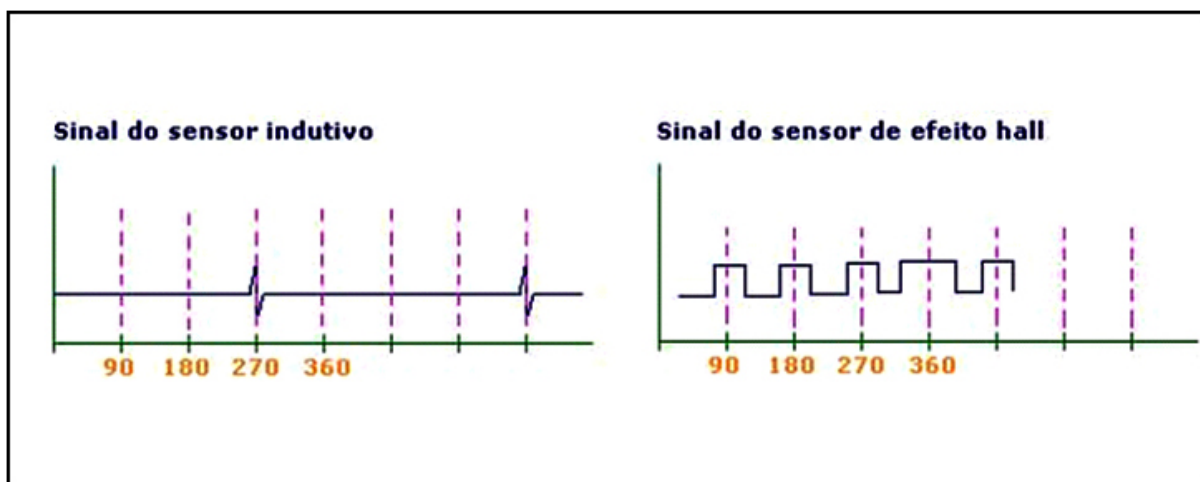


Figura 37 – Ondas geradas por sensor indutivo e por sensor de Efeito Hall.

O sensor Hall normalmente é ligado em 3 fios, sendo um negativo, o outro positivo (5 ou 12 Volts) e o terceiro o sinal gerado, que é normalmente encaminhado à central de injeção.

O teste rápido do sensor de Efeito Hall pode ser realizado com uma simples caneta de polaridade. Testes mais precisos podem ser conseguidos utilizando-se um osciloscópio.



#### 4.1.13- Sensor de Detonação

O momento da queima de combustível dentro da câmara de explosão nos motores que operam com gasolina, gás e álcool é rigorosamente controlado. No entanto, descontroles podem ocorrer e a explosão acontecer antes do desejado pela central. Uma vela de ignição aplicada de maneira errada, uma câmara de combustão com excesso de carbonização, um combustível adulterado ou incompatível para determinado motor, são as causas mais comuns de descontrole da queima dentro do cilindro, e podem gerar danos mecânicos sérios às peças internas do motor.

A queima descontrolada normalmente ocorre antes de o pistão estar preparado para receber o impacto da queima. Em seu movimento de subida, o pistão se desloca para uma lateral do cilindro e, em um tempo muito pequeno, ele se desloca para o outro lado do cilindro e imediatamente ocorre a explosão. Acontecendo desta forma, não haverá barulho excessivo nem desgaste prematuro do motor. O problema se dá quando, antes do pistão realizar sua passagem para o outro lado da câmara, ocorre uma explosão descontrolada, aí sim ouviremos um barulho metálico muito forte e as peças internas sofrerão um desgaste prematuro.

O sensor de detonação é responsável por enviar estes sinais para a central de injeção indicando que algum pistão está sofrendo com o processo de detonação.

A resposta mais óbvia da central de injeção seria retardar a centelha da vela do cilindro correspondente. Se isto resolver o problema, tudo bem, está cumprido o seu papel.

Um motor muitas vezes precisa operar nos limites, ou seja, muitas vezes seu ponto de ignição precisa estar na posição mais adiantada possível, e a central irá, nestes casos, adiantando este ponto até perceber o sinal do sensor de detonação, momento em que ela retarda alguns graus deixando o motor no limite da detonação.

Nos casos de detonação por centelha descontrolada, não resolveria a central de injeção retardar o ponto de ignição, já que neste caso a falha é proveniente de algo externo ao sistema de injeção eletrônica. Nestes casos, ela acenderá uma luz de anomalia no painel indicando algum problema no sistema de injeção do veículo.

O sensor de detonação funciona como se fosse um microfone, capturando sinais específicos de sons produzidos por um motor. Possui em seu interior uma cápsula de piezelétrico que produz uma corrente elétrica ao vibrar.

Veja ilustração.



Figura 38 – Sensor de detonação.

Devemos testar este sensor utilizando um osciloscópio. Para tanto, devemos ligar o terminal que leva sinal até a central de injeção no osciloscópio, e dar leves batidas com um objeto metálico próximo ao sensor. As ondas capturadas pelo osciloscópio devem ultrapassar 0,6 Volts e, à medida que formos aumentando a força das batidas, esta amplitude também deverá aumentar.

## 5- Eletromagnetismo<sup>1</sup>

O primeiro material magnético conhecido pelo homem foi a Magnetita, um mineral abundantemente encontrado na região da Magnésia, localizada no que é hoje a Turquia, ainda na idade antiga.

Veja ilustração.

<sup>1</sup> Adaptado de <http://www.colegiosagrado.com.br/lereaprender/?p=2859>, acesso em 29/03/2011.

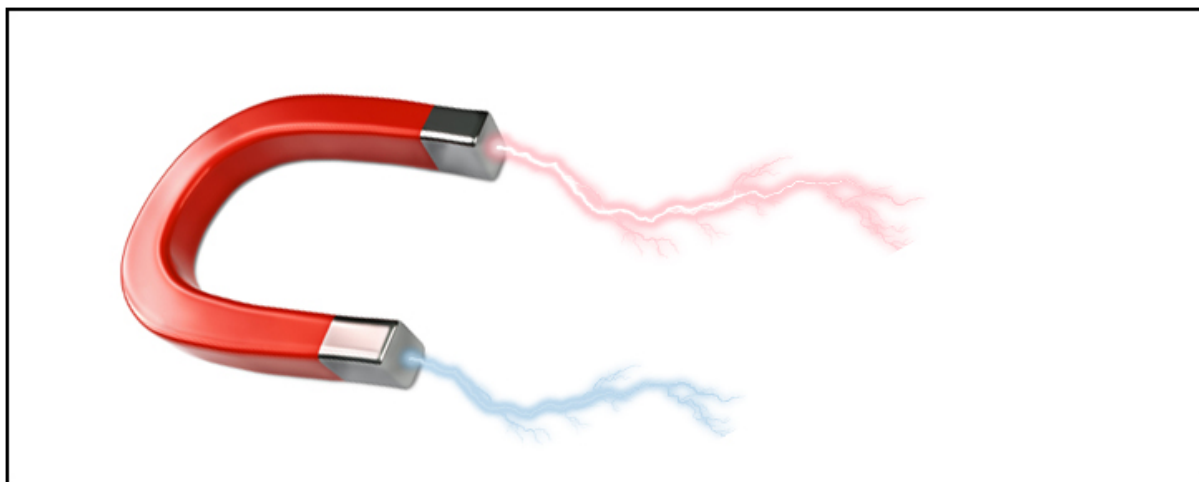


Figura 39 – Eletromagnetismo.

Após utilizar a Magnetita até mesmo como máquinas de adivinhações, acabaram por descobrir que se esfregasse este material numa agulha, ela se magnetizava e começava a apontar para o Norte Magnético, criando assim a Bússola. A bússola, inventada pelos chineses, foi utilizada na Europa pelo menos uns cem anos depois.

Mas importantes descobertas ainda estavam por vir. Peter Peregrinus ainda no século XIII, foi o primeiro ocidental a descrever as propriedades magnéticas da Magnetita. Após o trabalho de Peter Peregrinus, um novo tratado foi escrito por um fabricante de instrumentos, Robert Normam, e seu livro apareceu em 1581. Mas o trabalho mais importante veio em 1600 com o médico Willian Gilbert. Por mais de um século e meio, nada de mais importante foi escrito.

Mais tarde, em 1820, o professor dinamarquês Hans Christian Oersted conseguiu provar que, quando uma corrente elétrica passava ao longo de um fio produzia um campo magnético.

Logo após, Ampère, um cientista francês, esclareceu o efeito de uma corrente sobre um ímã e o efeito oposto, de um ímã sobre uma corrente.

Mas as descobertas principais vêm após a invenção do eletromagneto, pois, com ele foi possível introduzir campos magnéticos bem mais poderosos que o existente na magnetita.



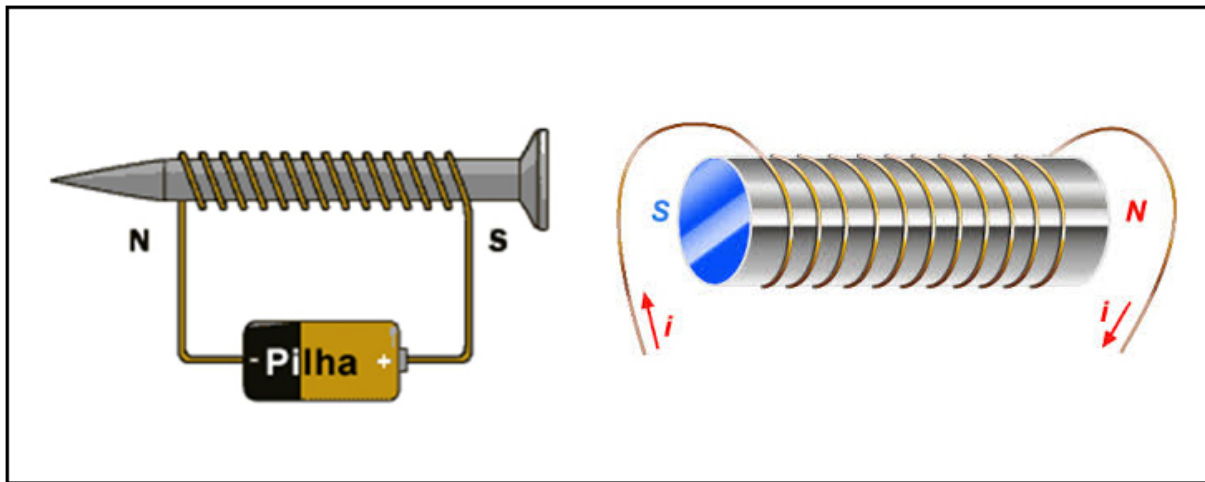


Figura 40 – Campos magnéticos.

Michael Faraday, na Inglaterra, iniciou suas pesquisas argumentando que se uma corrente num fio produzia efeitos magnéticos, como Ampère tinha demonstrado, o inverso poderia ser verdadeiro, isto é, um efeito magnético poderia produzir uma corrente elétrica.

Para testar essa hipótese, Faraday enrolou duas espiras de fio num anel de ferro, uma ligada a uma bateria e a outra, ligada a um medidor de corrente elétrica, verificando a existência, na segunda espira, de uma corrente temporária quando ligava e desligava a bateria.

Veja abaixo ilustração.

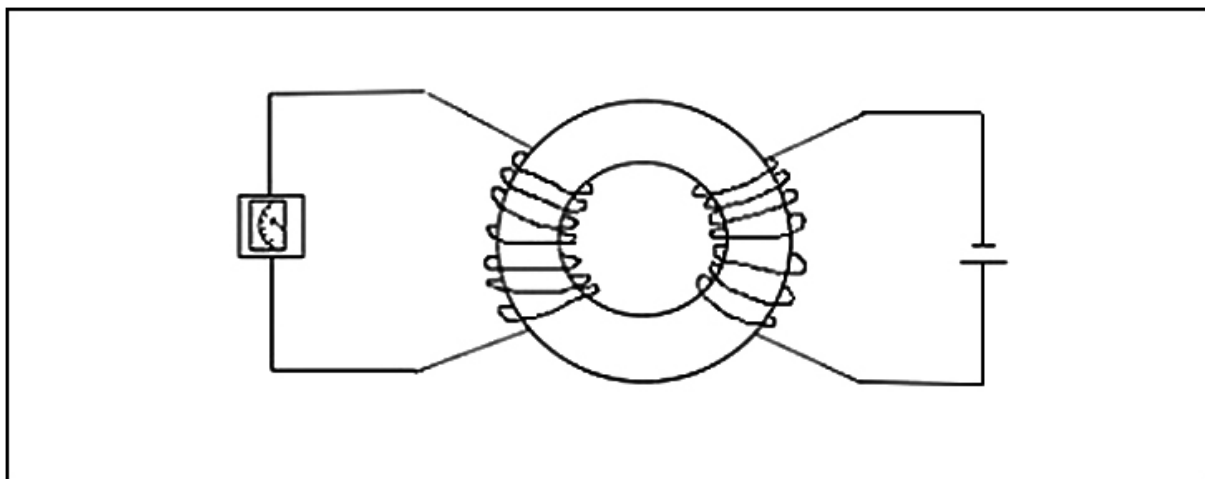


Figura 41 – Hipótese de Faraday.

Noutra experiência, Faraday usou uma espira enrolada em uma haste de ferro e dois ímãs em forma de barra para demonstrar que os ímãs, por si só, podiam produzir uma corrente.

Para explicar como a eletricidade e o magnetismo podiam afetar um ao outro no espaço vazio, Faraday propôs a ideia de um campo, imaginando linhas de força magnética que, quanto mais próximas umas das outras mais intenso era esse campo e supondo que essas linhas tendiam a se encurtar sempre que possível e a se repelir mutuamente. Mais tarde, em 1837, Faraday introduziu também a ideia de linhas de força elétrica.

Veja Ilustração.

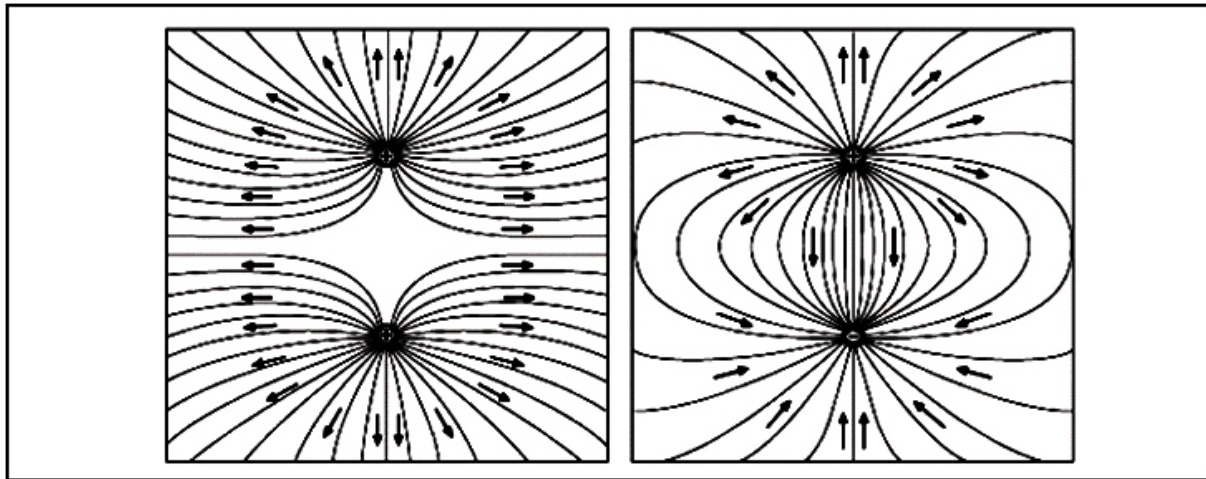


Figura 42 - Faraday entendia a repulsão e atração entre cargas elétricas como efeitos indiretos, produzidos pelas linhas de força.

Após as descobertas e o domínio do eletromagnetismo começamos a utilizá-los nas invenções posteriores. A junção eletricidade e magnetismo proporcionaram ao homem uma evolução tecnológica sem precedentes na história.

### 5.1- Solenoide

O solenoide, pela sua simplicidade, proporciona uma variedade imensa de utilização. Na linha automotiva, podemos produzir sons, acender luzes e realizar movimentos precisos automatizando cada vez mais o automóvel.

Veja ilustração.

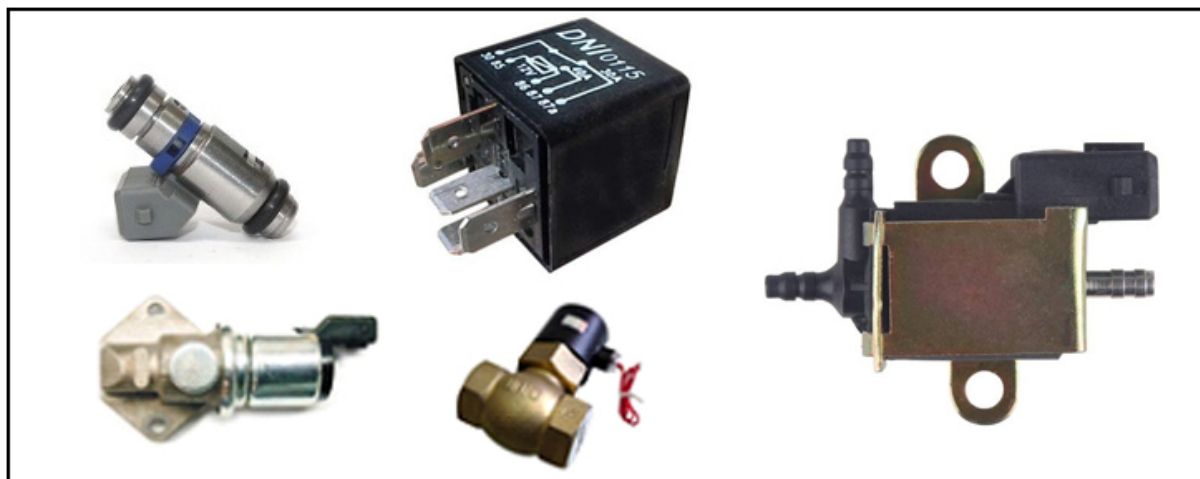


Figura 43 – Exemplos de solenoide.

Podemos perceber que o solenoide participa de grande parte das soluções tecnológicas que permeiam o automóvel. Mas como funciona esta genialidade? Veja ilustração.

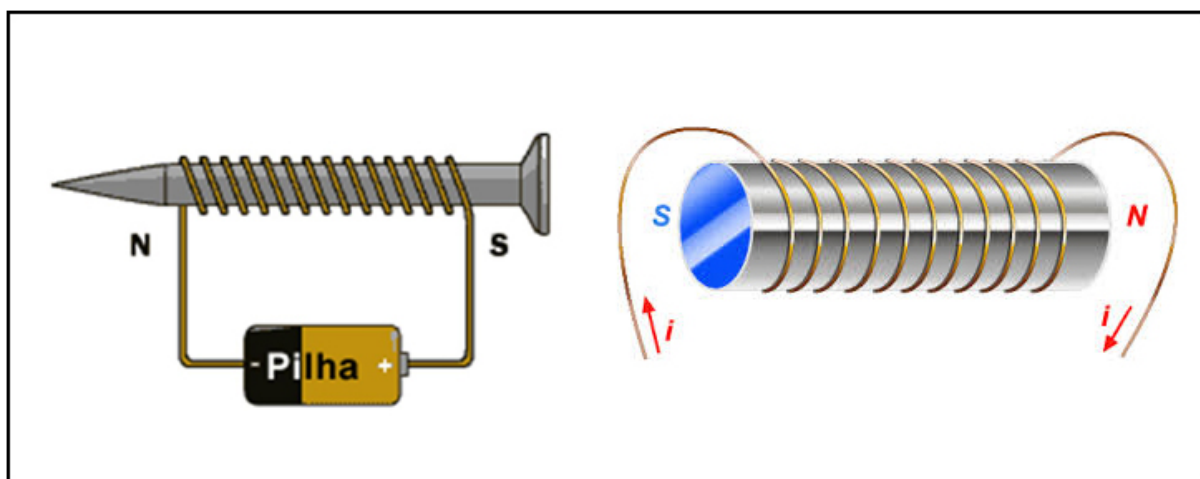


Figura 44 – Funcionamento do solenoide.

## 6 - Ferramentas Eletroeletrônicas

Estudaremos nesta seção, as ferramentas eletroeletrônicas, companheiras de um bom profissional da área de eletricidade automotiva. Bom proveito.

### 6.1- Multímetro

Como o nome já diz, esta ferramenta nos proporciona ter em um mesmo aparelho as mais variadas formas de medições. E cada multímetro pode ser específico para cada



área de atuação. Para um eletricista de automóveis podemos utilizar o multímetro automotivo, que possui algumas medições específicas para trabalhar com automóveis. Além das medições específicas, existem formatos específicos e materiais resistentes àqueles ambientes.



Figura 45 – Multímetros.

O multímetro que utilizaremos em nosso curso é este da ilustração e possui as seguintes capacidades de medição:



Figura 46 - Multímetro.

DCV – mede DDP ou Voltagem do tipo contínua, variando de 200mV à 1000V.

ACV – mede DDP ou voltagem do tipo alternada, variando de 200V à 750V.

$\Omega$  - mede resistência na unidade de Ohm e pode variar de 200 $\Omega$  à 2000k $\Omega$ .

DCA – mede a amperagem de um circuito de corrente contínua de 200mA à 10<sup>a</sup>.

hFE – teste de transistor.

BIP – teste de continuidade com emissão de som (bip).

## 6.2 - Osciloscópio automotivo

Esta ferramenta é essencial para o profissional que deseja realizar testes em equipamentos veiculares com maior eficiência e confiabilidade. Os sinais elétricos conseguem enganar nossos sentidos e por vezes enganar equipamentos como voltímetros, mas enganar um osciloscópio é muito difícil.

Se estivermos medindo uma tensão e ela começar a sofrer pequenas variações no tempo, provavelmente o voltímetro não conseguirá nos mostrar estas variações, principalmente se elas forem rápidas. Já o osciloscópio por realizar medições rápidas e construir um gráfico com ocorrências passadas, pode nos mostrar as variações e ainda as frequências com que elas ocorreram ou estão ocorrendo.

Desta maneira, um teste com uma sonda lambda realizado com um voltímetro não vai conseguir nos dizer com certeza se aquela sonda está em boas condições. Isto ocorre porque o voltímetro não consegue dizer com que velocidade a sonda lambda está trabalhando.

Veja o gráfico abaixo, em que a sonda lambda aumenta e diminui a DDP. Se no lugar deste gráfico originário de um osciloscópio, tivéssemos utilizado um voltímetro, a única coisa que saberíamos era que ocorre uma variação na amplitude de 0,3 à 0,7V, mas não saberíamos com que frequência, e no caso da sonda lambda a frequência é mais importante que a amplitude.

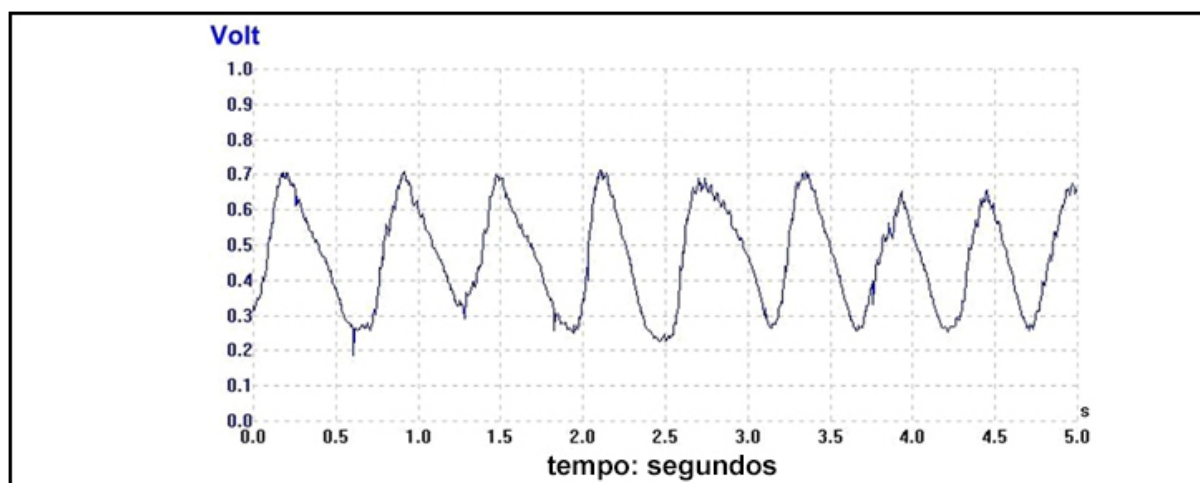


Figura 47 - Gráfico de tensão senoidal da sonda lambda.

Em um teste de sensor de rotação com a utilização do osciloscópio podemos saber até mesmo se existe uma deformação na parte mecânica de uma roda fônica, como a falta de um dente, por exemplo, e até mesmo se o eixo de comando de válvulas e o eixo virabrequim estão corretamente alinhados, algo impossível de se verificar em um teste com o multímetro que não tenha esta ferramenta.

Na ilustração abaixo podemos ver os sinais de rotação e de fase simultaneamente, e os alinhamentos dos dois eixos. Observe que o sinal do sensor de fase é gerado em perfeita sincronia com sinal da falha do dente do sensor de rotação. Se os eixos estivessem desalinhados, os sinais não coincidiriam.

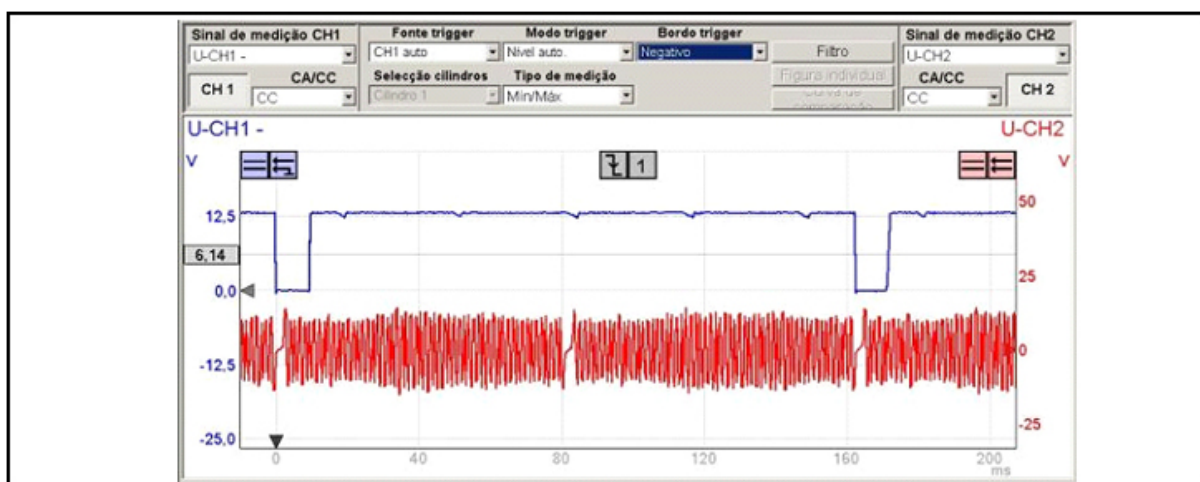


Figura 48 – Sinal do sensor de fase.

No Brasil, os profissionais da área da manutenção automotiva encontram sérias dificuldades na utilização deste mecanismo, primeiro devido ao preço ser um pouco alto, e segundo porque a maioria dos nossos mecânicos não possui conhecimento suficiente para saber da necessidade desta utilização.

### 6.3 – Caneta de polaridade

Este equipamento simples e de baixo custo é a ferramenta mais utilizada pelos profissionais da reparação elétrica automotiva. Com ela podemos chegar a respostas rápidas no momento em que nos deparamos com algum defeito elétrico.

A sua construção é bem simples, veja abaixo.



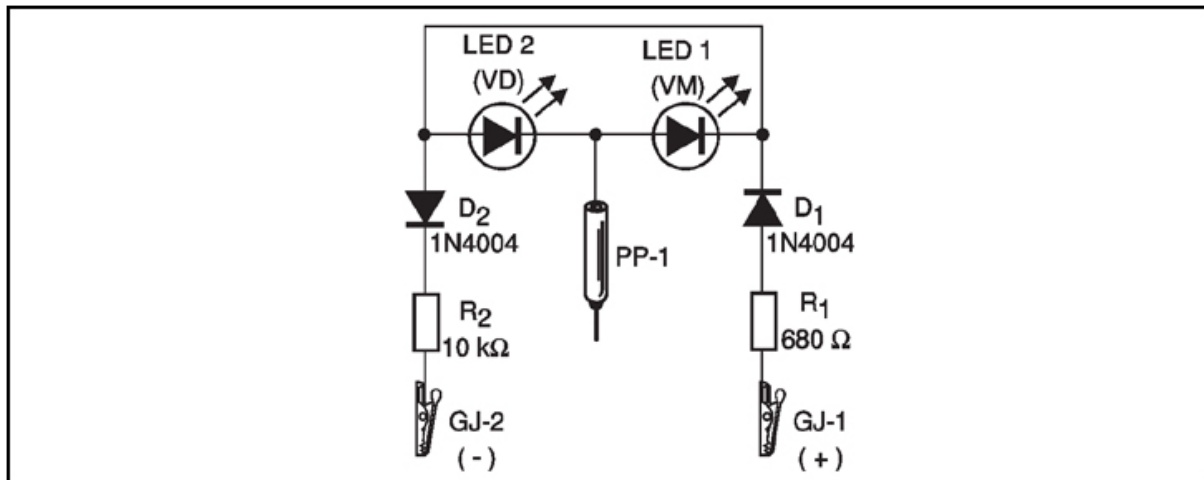


Figura 49 - Esquema de caneta de polaridade.

Pela lógica da construção dá para se ter uma ideia de seu funcionamento. Quando aplicamos corrente nos bornes das garras jacaré, a corrente percorre o circuito passando pelo resistor de 1kΩ da direita, passa pelo led diodo amarelo (deixando-o aceso) e fecha o circuito passando pelo resistor de 1kΩ da esquerda.

Quando encostamos a ponta da agulha no positivo, a corrente muda para a direita do circuito, deixando nula a carga do diodo amarelo e do diodo verde, deixando aceso o diodo vermelho.

Quando encostamos a agulha em um ponto negativo, a corrente passa pela esquerda do diagrama, deixando nula a carga do diodo amarelo e do diodo vermelho, deixando aceso o diodo verde.

A ponta agulha serve para fazer perfurações nos fios, para que não haja necessidade de descascá-los. No entanto, deve ser utilizada com muita parcimônia para não danificar o chicote elétrico do veículo e não causar problemas futuros.

Veja ilustração.



Figura 50 - Caneta de polaridade.

#### 6.4- Escâner ou Rastreador

Esta ferramenta é imprescindível para um profissional que pretende trabalhar com a manutenção de um automóvel. Cada dia que passa, vai ficando mais difícil realizar qualquer tipo de serviço em um automóvel, sem depois ser necessário realizar a reprogramação de componentes eletrônicos.

Há algum tempo poderíamos simplesmente soltar o parafuso do óleo do motor, despejá-lo fora e depois adicionarmos óleo novo e estava feita a troca do óleo do motor. Hoje, no entanto, esta realidade é bem diferente. A maioria dos automóveis requer que seja feita programação da próxima troca de óleo e, na maioria das vezes, isto somente é possível com a utilização de escâner.

Existe no mercado uma gama de fabricantes destes equipamentos e para cada demanda existente em uma oficina, existe também um escâner que pode atender à esta demanda. Se a oficina trabalha somente com a linha Volkswagen, por exemplo, existe no mercado equipamento que atende somente a esta linha. Assim também pode ocorrer com oficinas que trabalham somente com veículos pesados, ou somente com veículos importados. Não importa, o negócio é realizar a escolha correta para cada necessidade.

Estes equipamentos são oferecidos com uma grande quantidade de conectores, sendo cada um para cada tipo de montadora de veículos e sistemas. Alguns sistemas que atendem uma vasta gama de veículos podem vir equipados com mais de 100 tipos diferentes de conectores. No entanto, estamos caminhando para a padronização destes conectores e praticamente todos os veículos fabricados hoje no Brasil atendem a norma

OBD-II. Desta maneira, a tendência é que no futuro um tipo de conector consiga acessar um número grande veículos.

Veja ilustração.



Figura 51 - Escâner ou rastreador.

## 7- Atuadores

Como vimos anteriormente, as centrais computadorizadas do veículo recebem os sinais provenientes dos sensores, realizam cálculos com base em dados pré-programados e enviam sinais para os atuadores realizarem determinadas ações. Estudaremos neste tópico as características de alguns atuadores.

### 7.1- Variador de fase

A central de injeção eletrônica envia uma variação de tensão até uma válvula eletromagnética que aumenta ou diminui a passagem de óleo de motor para o variador de fase de acordo com cada regime e necessidade do motor.

Veja ilustração.



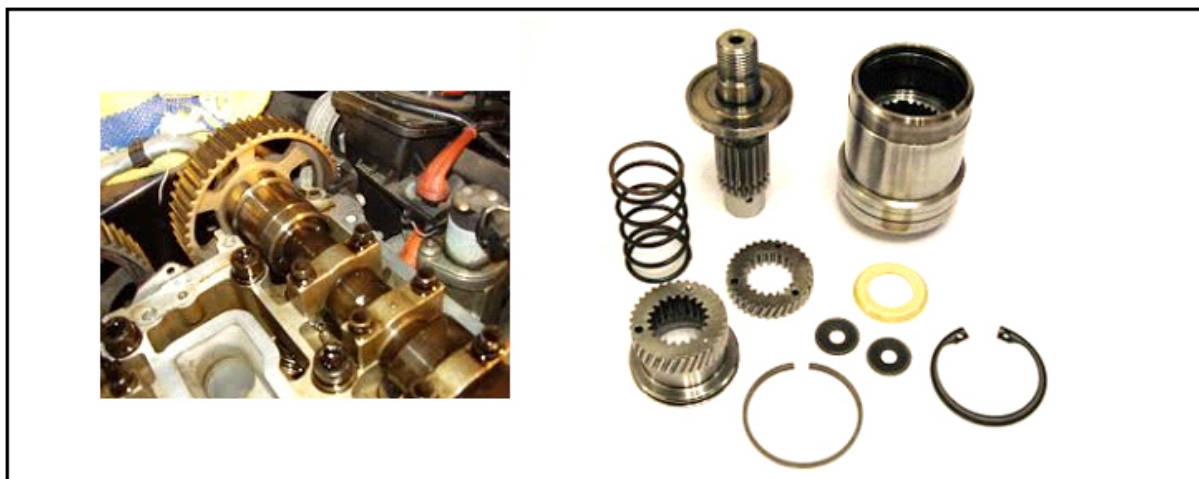


Figura 52 – Variador de fase.

A polia do eixo de comando se movimenta em relação ao eixo de comando, alterando o sincronismo entre o comando de válvulas e o eixo virabrequim.

### 7.2- Válvula de controle do turbo

A central de injeção altera a largura do pulso enviado até o solenoide do turbo fazendo com que aumente ou diminua o vácuo que atua sobre a válvula de vácuo do turbo, de acordo com aspectos pré-programados na central de injeção para aumento ou diminuição da injeção de ar para dentro do motor. Veja ilustração.

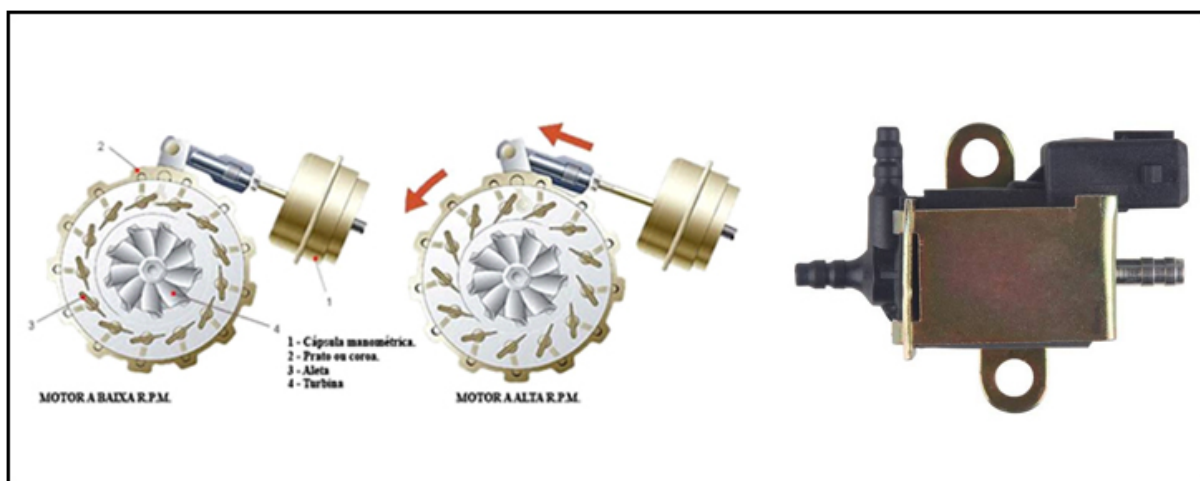


Figura 53 - Esquema da válvula de controle do turbo.

### 7.3- Relé

Por intermédio deste componente, os equipamentos eletrônicos do veículo conseguem executar grandes feitos, como acionar o eletroventilador de arrefecimento do motor, acender luzes, ligar o ar condicionado, entre outros.

Veja lustrações.

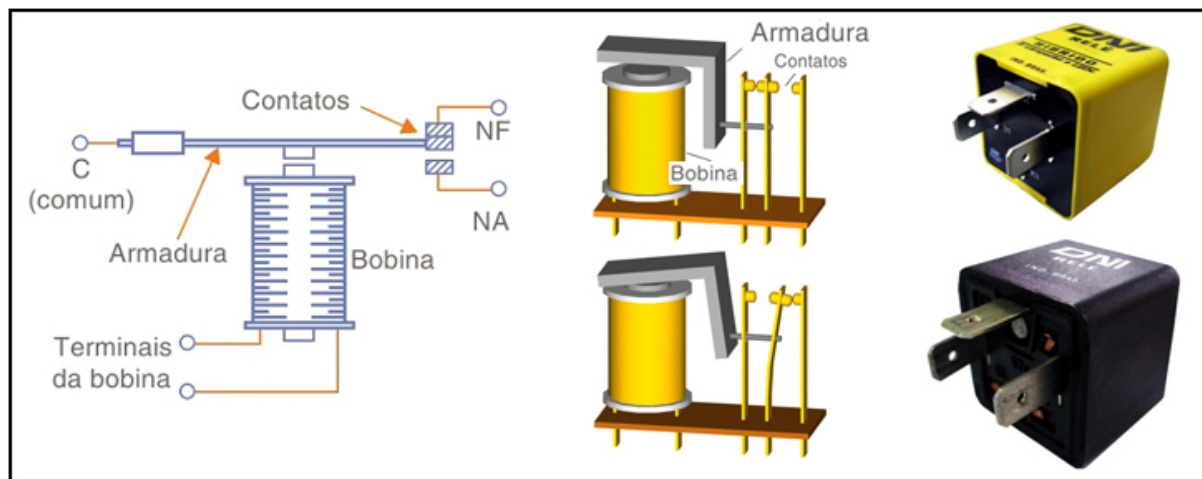


Figura 54 - Esquema de relé.

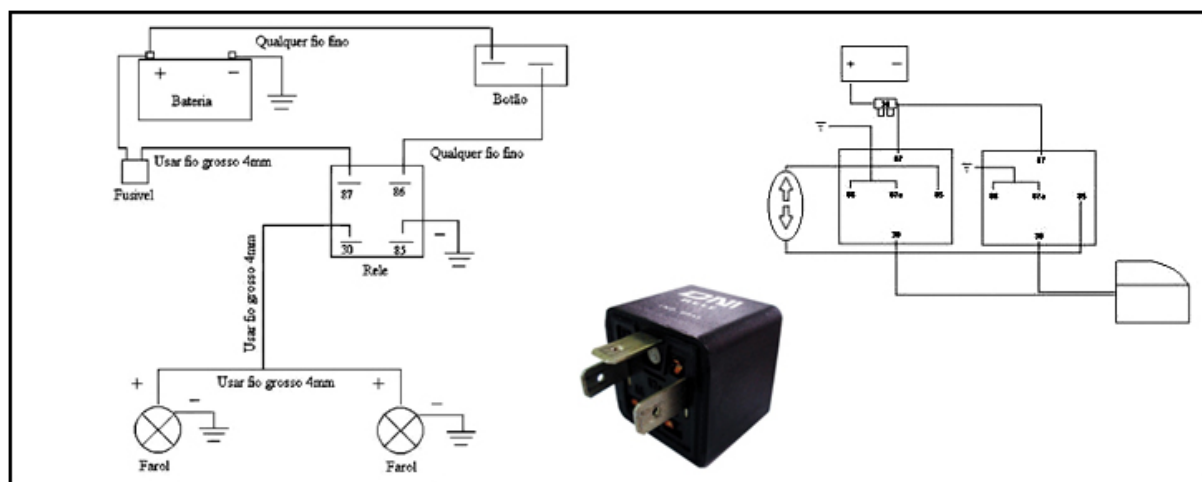


Figura 55 - Esquema de relé.

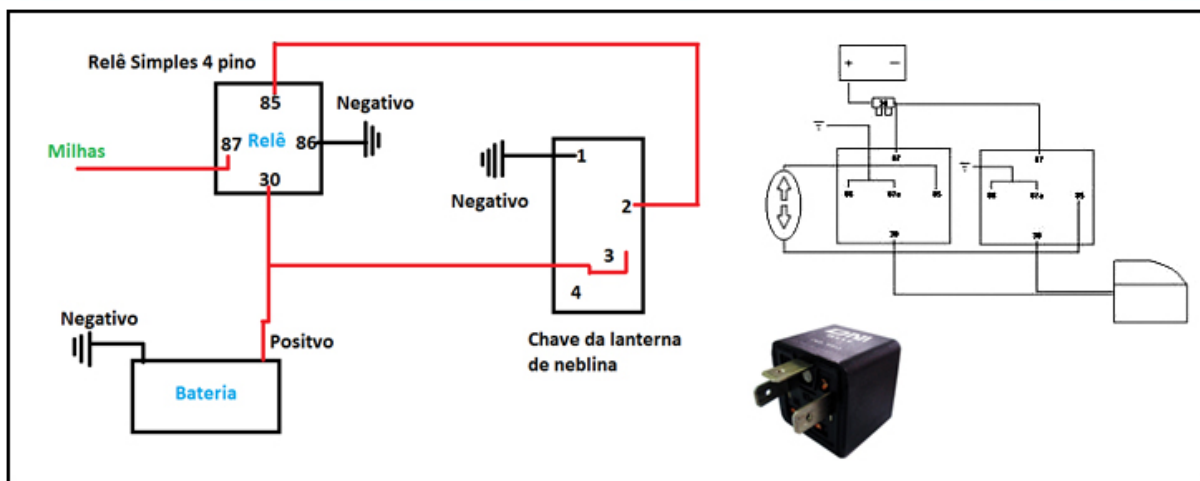


Figura 56 – Esquema de relé simples de 4 pinos.

O diagrama de um relé normalmente obedece ao padrão de construção internacional DIN. Veja abaixo.

| Exemplo:   |   |            |  |
|------------|---|------------|--|
|            |   |            |  |
| <b>C</b>   | Saída para lâmpada piloto                   | <b>53e</b> | Esguicho                                       |
| <b>K1</b>  | Saída para lâmpada piloto 1                 | <b>53m</b> | Saída para motor do limpador                   |
| <b>K2</b>  | Saída para lâmpada piloto 2                 | <b>53s</b> | Retorno do motor do limpador                   |
| <b>T</b>   | Entrada positiva do esguicho do limpador    | <b>54</b>  | Luz de freio                                   |
| <b>I</b>   | Entrada da chave temporizada do limpador    | <b>S</b>   | (Para temporizadores) Saída para o interruptor |
| <b>L</b>   | Entrada da chave de seta esquerda           | <b>54L</b> | Saída para lâmpadas da carreta esquerda        |
| <b>R</b>   | Entrada da chave de seta direita            | <b>54R</b> | Saída para lâmpadas da carreta direita         |
| <b>LL</b>  | Saída para lâmpada do "cavalo" esquerda     | <b>54g</b> | Válvula de retardo do freio                    |
| <b>RR</b>  | Saída para lâmpada do "cavalo" direita      | <b>55</b>  | Lâmpada de neblina                             |
| <b>1</b>   | Bobina de ignição                           | <b>56</b>  | Positivo para faróis alto e baixo              |
| <b>1a</b>  | Platinado                                   | <b>56a</b> | Farol alto                                     |
| <b>4</b>   | Bobina de ignição alta tensão               | <b>56b</b> | Farol baixo                                    |
| <b>15</b>  | +12V (+24V) após chave de ignição           | <b>57</b>  | Lâmpada de posição lateral                     |
| <b>30</b>  | +12V (+24V) direto da bateria               | <b>57a</b> | Lâmpada de estacionamento                      |
| <b>30a</b> | Chave seletora série / paralelo (12V / 24V) | <b>57L</b> | Lâmpada de estacionamento esquerda             |
| <b>31</b>  | Terminal negativo da bateria                | <b>57R</b> | Lâmpada de estacionamento direita              |
| <b>31b</b> | Negativo via chave ou relé                  | <b>58</b>  | Lâmpada de posição traseira / licença          |
| <b>31c</b> | Entrada negativa do esguicho                | <b>58d</b> | Lâmpadas de iluminação do painel (dimmer)      |
| <b>49</b>  | Entrada +12V (+24V) do relé de pisca        | <b>58L</b> | Lâmpada de posição esquerda                    |
| <b>50</b>  | Motor de arranque                           | <b>58R</b> | Lâmpada de posição direita                     |
| <b>51</b>  | Alternador                                  | <b>71a</b> | Buzina   |
| <b>53</b>  | + Motor do limpador de pára-brisa           | <b>72</b>  | Chave do alarme                                |
| <b>53a</b> | Automático de parada do limpador            | <b>75</b>  | Acendedor de cigarros / rádio                  |
| <b>53c</b> | Entrada positiva do esguicho                | <b>81</b>  | Chave seletora NF entrada (normal fechada)     |
|            |   | <b>81a</b> | Chave seletora contato NF (normal fechada)     |
|            |   | <b>85</b>  | Lado negativo da bobina do relé                |
|            |   | <b>86</b>  | Lado positivo da bobina do relé                |
|            |   | <b>87</b>  | Terminal NA (normalmente aberto) do relé       |
|            |   | <b>87a</b> | Terminal NF (normalmente fechado) do relé      |
|            |   | <b>87b</b> | 2º terminal NA (normalmente aberto) do relé    |
|            |   | <b>49a</b> | Saída para lâmpada do relé do pisca            |
|            |   | <b>S</b>   | Ligar na saída W do interruptor                |
|            |   | <b>W</b>   | Entrada negativa do sensor nível d'água        |

Figura 57 - Diagrama de um relé.

Os relés possuem em sua carcaça um desenho técnico que nos mostra como ele foi programado para funcionar.

Veja ilustração.



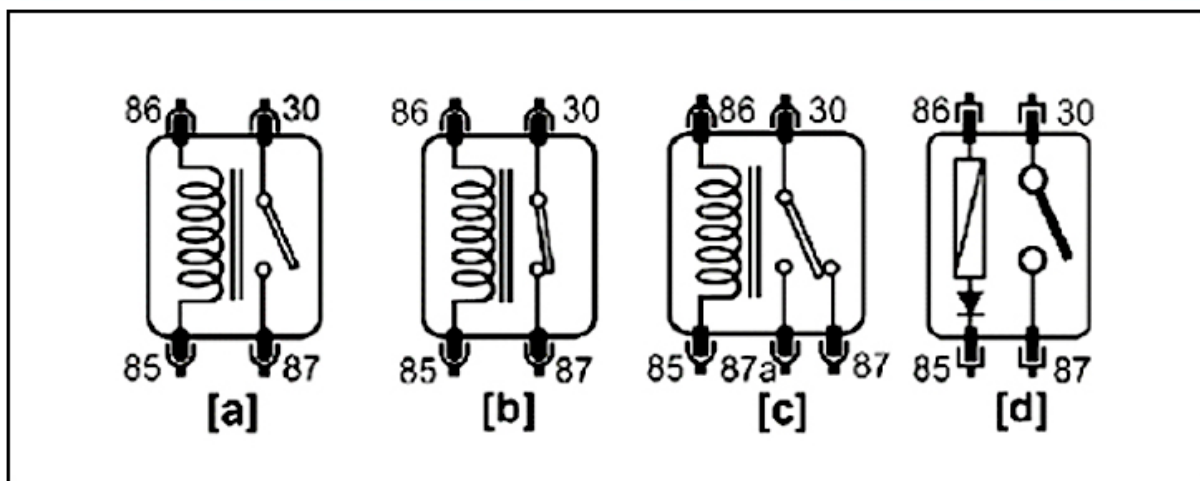


Figura 58 - Funcionamento de um relé.

### 7.4 Válvula EGR

Possui o objetivo de diminuir a emissão de gás NOx, nocivo para o ser humano. Atua abrindo uma passagem entre o coletor de descarga e o coletor de admissão, fazendo com que os gases queimados retornem para a câmara de explosão.

Seu funcionamento é realizado por intermédio de um eletroímã, presente em seu interior que ao ser energizado abre uma passagem que liga dois dutos.

Veja ilustração.

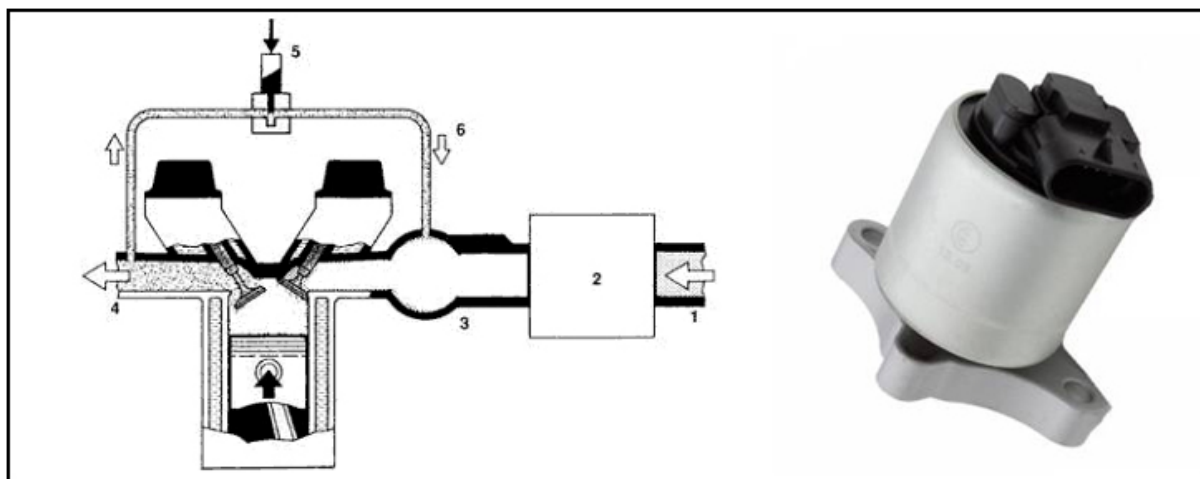


Figura 59 - Esquema de funcionamento de uma válvula EGR.

### 7.5-Bico injetor

Possui em seu interior um eletroímã que ao ser energizado aciona uma válvula que abre a passagem de combustível de forma pulverizada para dentro do coletor do motor.

Veja ilustração.

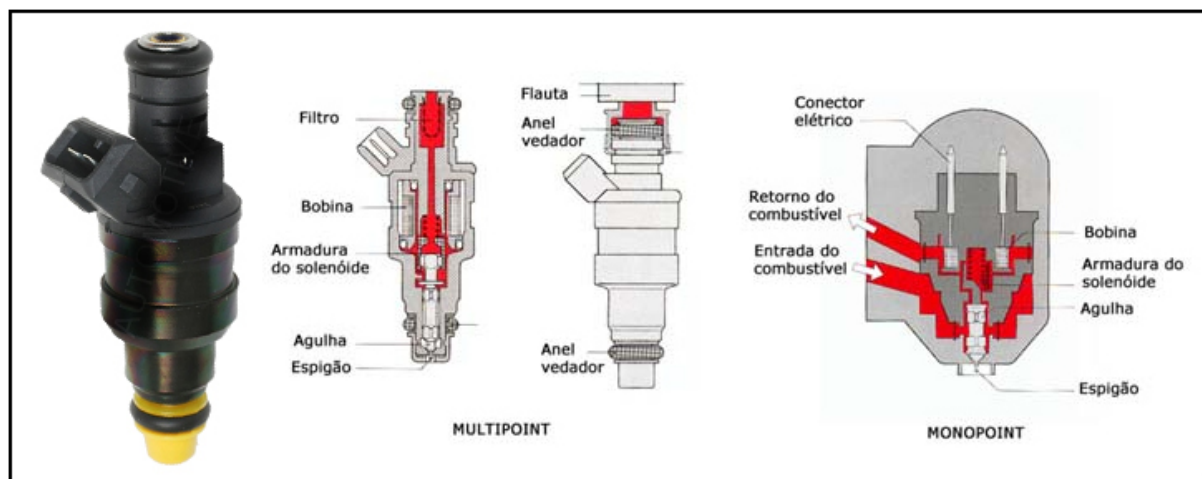


Figura 60 - Bico injetor.

Seu enrolamento possui uma resistência que poderá ser testada com o multímetro na escala de ohm. Outra maneira, que é mais confiável, é realizar teste em bancada apropriada de teste de bicos injetores, que além de avaliar o funcionamento do solenoide ainda consegue medir a vazão de combustível.

### 7.6- Bomba de combustível

É composta por um conjunto motor e bomba, encapsulados por uma carcaça de aço ou de alumínio, que normalmente se encontra imersa dentro do tanque de combustível.

Seu teste é realizado medindo-se a pressão máxima obtida, a vazão máxima com bloqueio de pressão de funcionamento e a estanqueidade. Para tanto, deve-se seguir uma tabela fornecida pelo fabricante da peça ou do automóvel.

Deve ser substituída se apresentar ruído excessivo, mesmo que as medidas citadas anteriormente estejam dentro dos padrões.

Veja a ilustração.

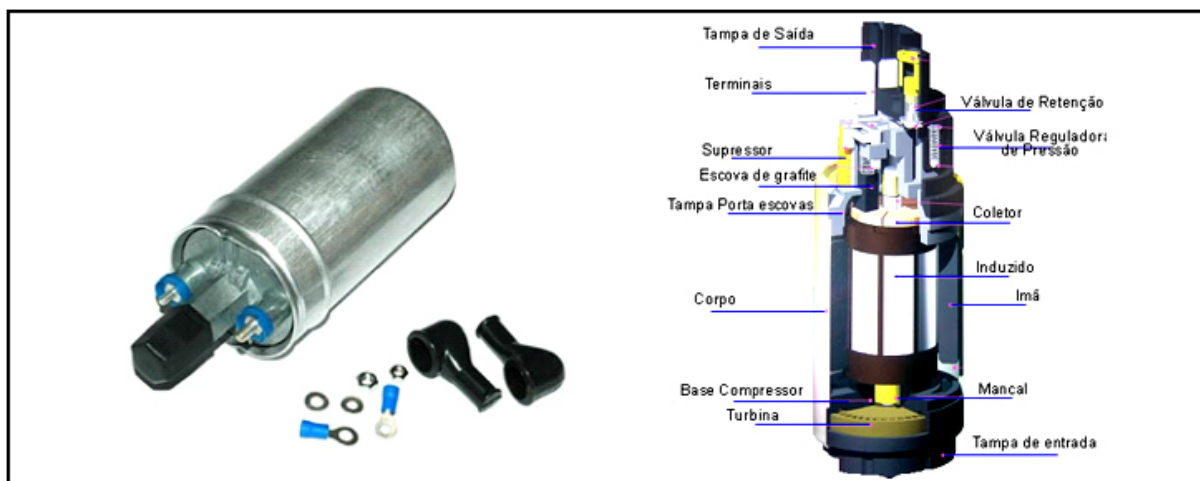


Figura 61 - Bomba de combustível.

### 7.7- Bobina de ignição

Tem o objetivo de produzir uma tensão ou DDP em torno de 25000Volts. Para tanto, possui em seu interior dois enrolamentos de fios, um primário e um secundário.

A energia enviada para o enrolamento primário induz uma tensão no secundário que, por ter um valor maior de resistência, acaba transformando a energia de baixa tensão em alta tensão, ou seja, entram 12Volts e saem 25000Volts.

A tensão por ser muito alta consegue saltar pequenas distâncias.

Veja ilustração.



Figura 62 - Bobina de ignição.

Os defeitos mais comuns são fuga de corrente interna ou próxima dos bornes de saídas.



## 7.8- Vela de ignição

Possui a função de descarregar centelha no interior do cilindro para inflamar a mistura ar-combustível. Deve ser testada com osciloscópio.

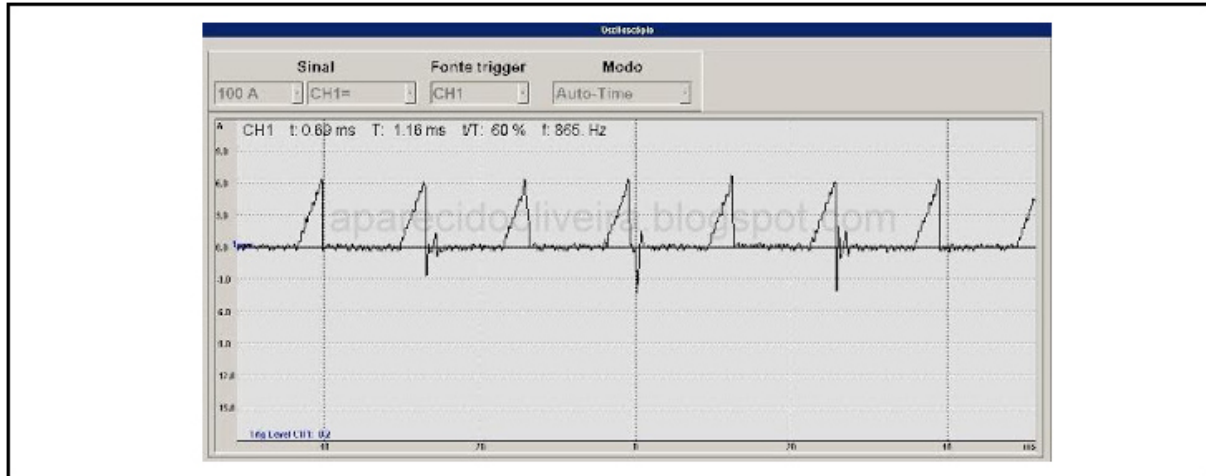


Figura 63 - Sinal de vela de ignição.

Normalmente as velas de ignição dão pouco defeito, tendo em vista que são substituídas de maneira preventiva em revisões periódicas.

As velas aplicadas em veículos mais modernos que possuem componentes eletrônicos devem ter a inscrição R em seu código de fabricação. Esta inscrição indica que a vela possui em seu interior um resistor antirruído, que atenua as possibilidades de interferência eletromagnéticas em componentes eletrônicos.

Veja abaixo ilustração com as partes mais importantes da vela e os diferentes tamanhos de rosca.

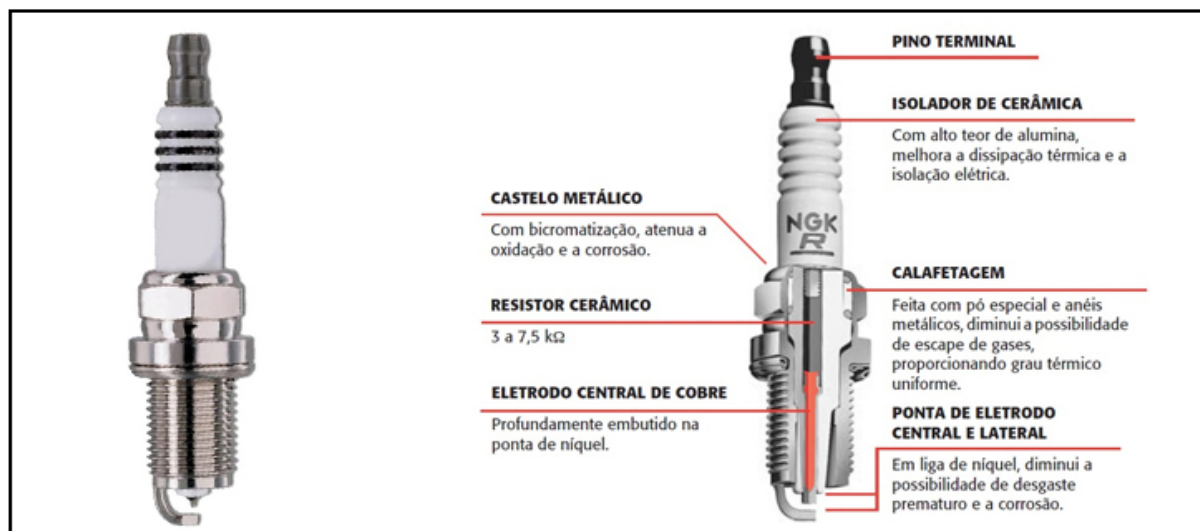


Figura 64 - Vela de ignição.

Cada aplicação deve respeitar as medidas ideais de distância entre os eletrodos. Veja ilustração.

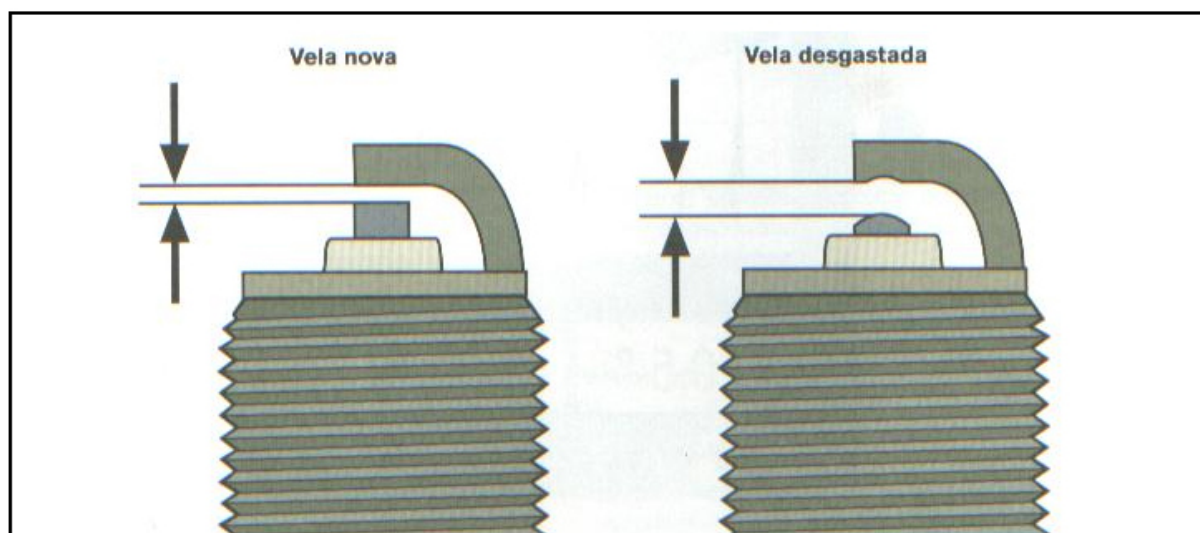


Figura 65 – Medidas ideais de distância entre os eletrodos.

### 7.9- Lâmpadas

A iluminação dos automóveis vem sofrendo processo incessante de evolução. As últimas novidades do mercado são as lâmpadas de xenônio, que possuem uma luz bem mais eficiente que as comuns brancas. Quando lançamento, só eram aplicadas em veículos de luxo, como as Mercedes, mas atualmente podemos encontrar kits de instalação deste produto à venda em lojas de acessórios para automóveis. No entanto, o

consumidor deve ter cuidado para não ser enganado: as lâmpadas de xenônio são diferentes das lâmpadas azuis, vendidas como se também fossem deste material.

Veja abaixo as três lâmpadas de faróis disponíveis no mercado.



Figura 66 – Lâmpadas de faróis.

As lâmpadas comuns possuem em seu interior um filamento de níquel que quando atravessado por uma corrente elétrica se aquece e fica incandescente produzindo aquela luz branca que nos é comum.

Estas lâmpadas podem ter dois filamentos internos, sendo um para a luz alta e o outro para a luz baixa. No caso da luz alta, ela é produzida livremente para toda sua área lateral. Já o filamento responsável pela produção da luz baixa possui um defletor que rebate parte da luz emitida pelo filamento para a parte superior do farol, e este, por sua vez, remete esta luz para baixo.

As lâmpadas Xenon possuem em seu interior um gás, o xenônio, que ao ser atravessado por uma corrente elétrica com DDP alta, produz uma luz brilhante de cor azulada. Desta maneira, as lâmpadas Xenon necessitam de um transformador de tensão para a sua alimentação elétrica, tendo em vista que os veículos produzem apenas 13.8Volts, DDP insuficiente para o funcionamento da lâmpada.

Veja abaixo ilustração do kit Xenon, composto por uma lâmpada e um transformador de tensão.





Figura 67 – Kit Xenon.

A aplicação deste kit deve obedecer às resoluções 227 e 294 do Contran.

Para um bom funcionamento as lâmpadas de faróis devem receber corrente de 12 Volts. Muitas vezes esta tensão cai, devido às fugas nos componentes que levam a eletricidade até as lâmpadas. Quando isto acontece, as lâmpadas tendem a emitir uma intensidade menor de luz. Este inconveniente pode ser resolvido com a instalação de um relé duplo de farol, acessório básico que qualquer eletricista deve conhecer.

Veja ilustração.

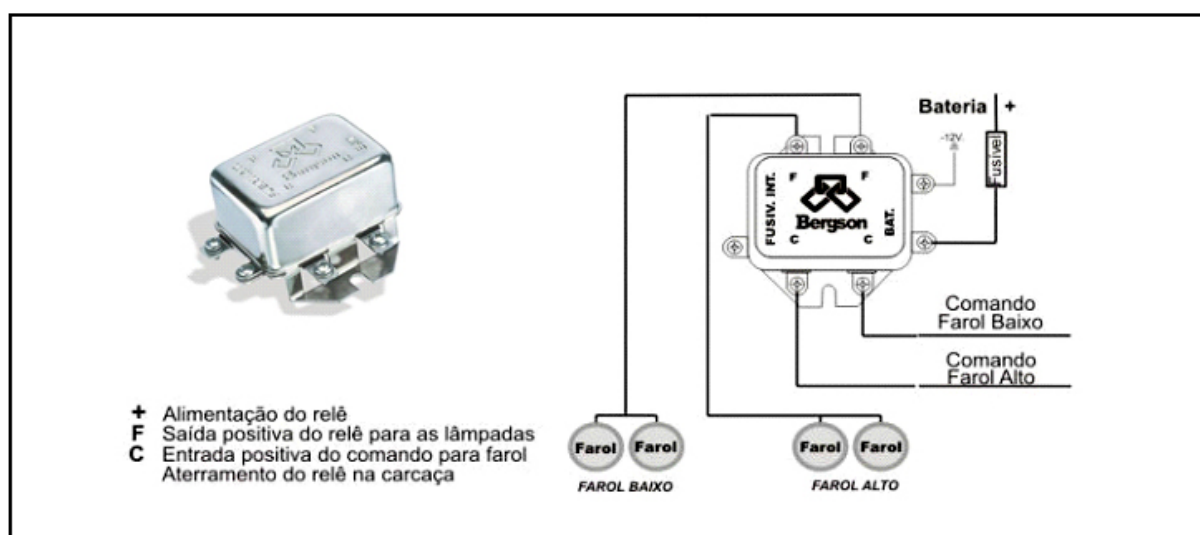


Figura 68 – Esquema de funcionamento de lâmpadas de faróis.

Para sabermos se um farol está recebendo a tensão ideal, devemos realizar a medição com as pinças do multímetro, no modo voltímetro, diretamente nas lâmpadas dos faróis, eliminando todas as possibilidades de perdas anteriores.

## 8- Diagramas elétricos

Um bom profissional deve sempre ter a mão um diagrama elétrico confiável. Estes diagramas podem ser produzidos por empresas especializadas neste segmento. São vendidos no mercado em livros impressos e em formato digital. Eles são de extrema importância para o profissional que deseja realizar diagnósticos com mais precisão e com maior rapidez.

Nossos veículos possuem fios das mais variadas cores, que se entrelaçam por debaixo do painel principal e habitáculo do motor, levando informações e corrente elétrica para funcionamento de atuadores diversos. Muitas vezes, para descobrirmos a qual circuito pertence um fusível, teríamos que ficar horas testando entradas e saídas de correntes. No entanto, com o diagrama, podemos verificar somente a sua localização na caixa de fusíveis e saber a qual circuito pertence aquele fusível.

Veja ilustração de alguns diagramas.

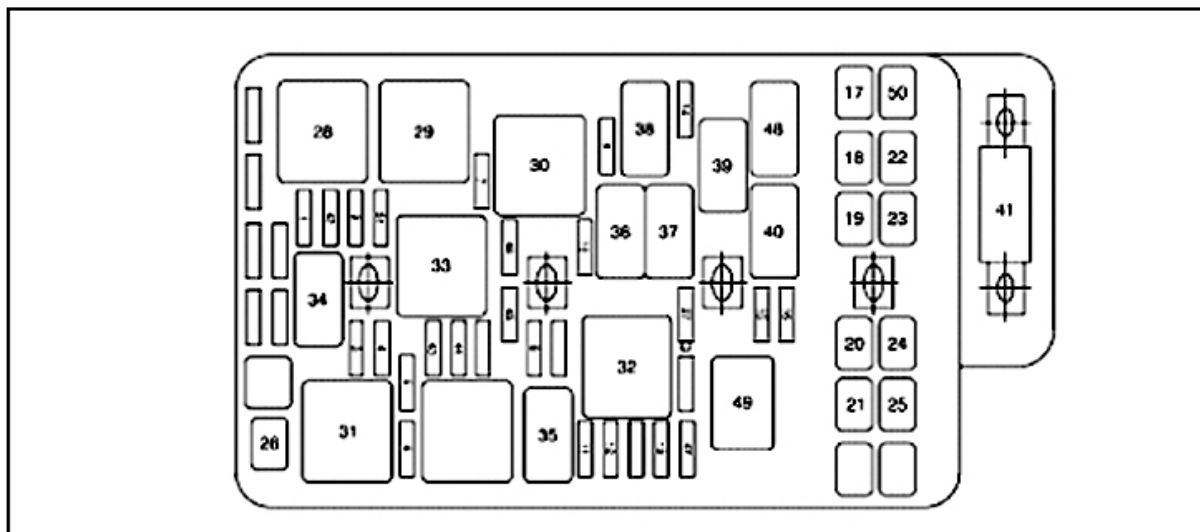


Figura 69 - Diagrama elétrico.

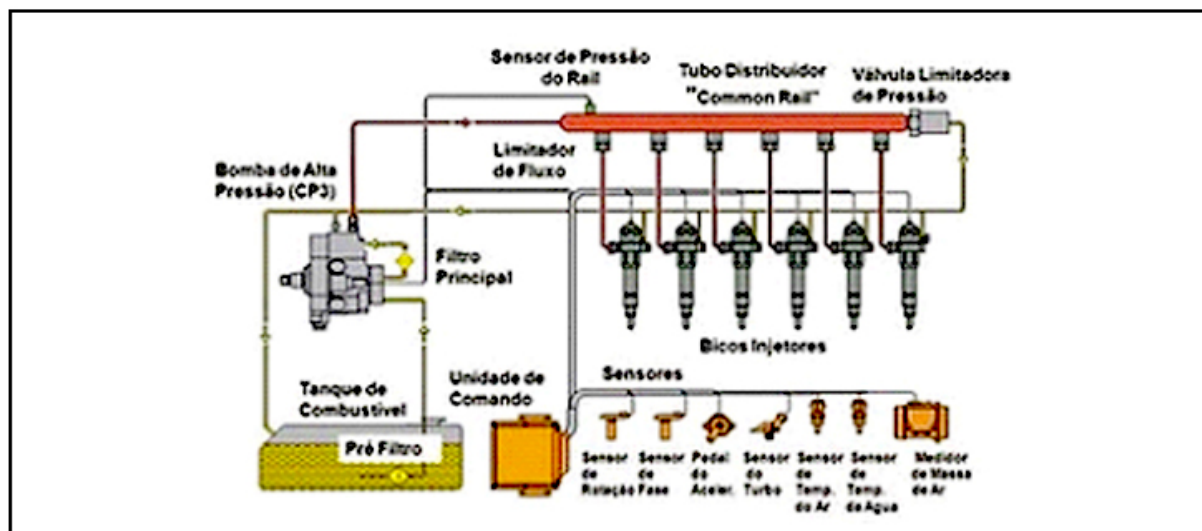


Figura 70 - Diagrama elétrico.



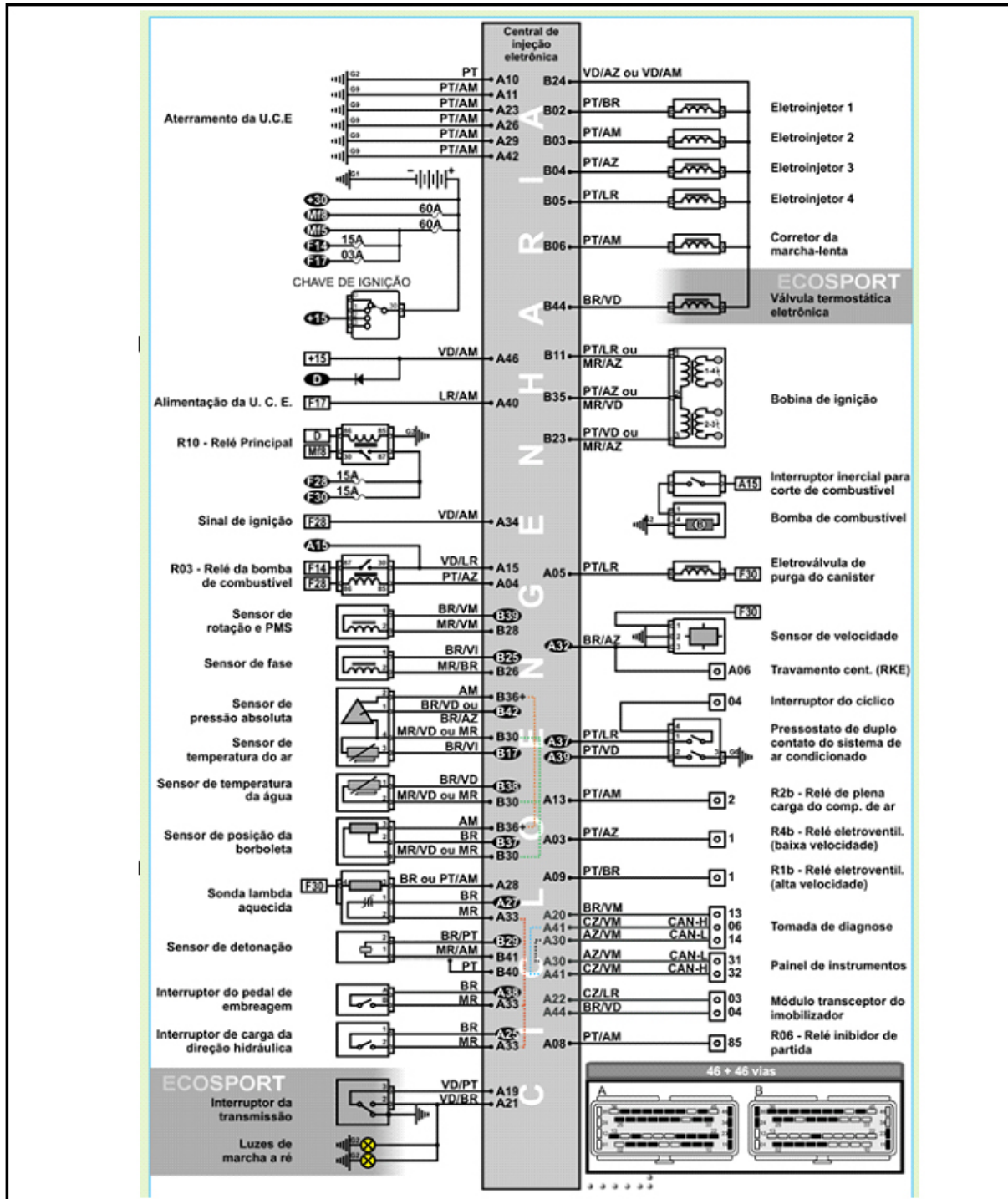


Figura 71 - Diagrama elétrico de um Ecosport.

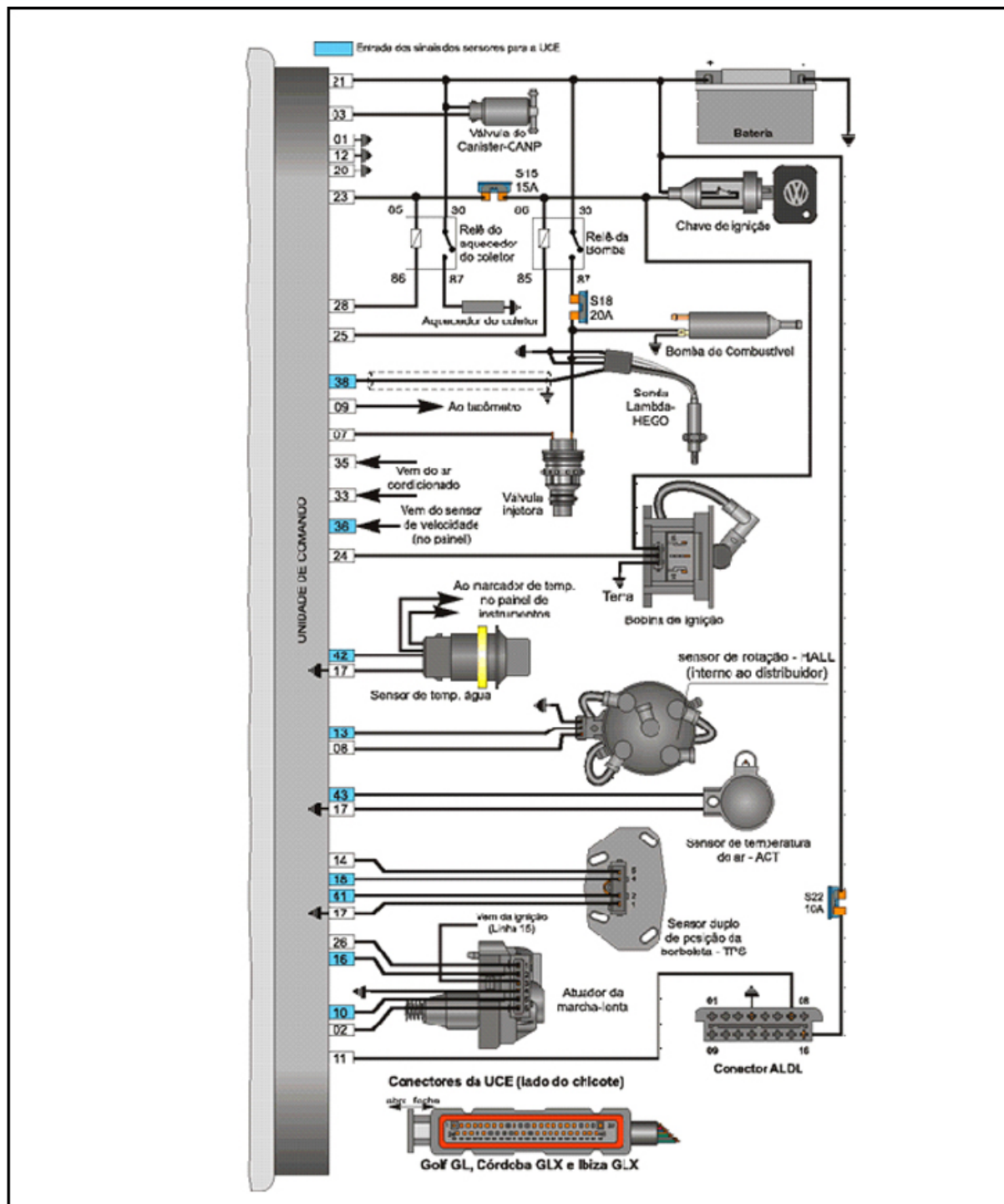


Figura 72 - Diagrama elétrico Volkswagen.