

Utilização de sensores na indústria automóvel

Sistemas Automóveis

Daniel Correia

Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
1080442@isep.ipp.pt

Daniel Rocha

Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Porto, Portugal
1080445@isep.ipp.pt

Resumo — Com o presente relatório pretende-se efetuar uma abordagem sobre a utilização de sensores na indústria automóvel. Inicialmente apresenta-se os tipos de sensores existentes em vários sistemas de um automóvel e posteriormente os sensores presentes na injeção eletrónica.

Palavras-Chave – Automóvel; sensores; Injeção eletrónica

I. INTRODUÇÃO

No presente, cada vez mais a eletrónica assume um papel importante em diversas áreas tecnológicas. Na indústria automóvel também se verifica este facto, uma vez que existe um aumento da inclusão de sistemas eletrónicos. Isto acontece uma vez que os sistemas eletrónicos apresentam várias vantagens em comparação com os mecânicos, como por exemplo uma dimensão física do sistema menor, um tempo de vida maior e maior facilidade de controlo.

Uma outra razão para a crescente inclusão da eletrónica no automóvel prende-se no conforto e na segurança que se pode obter com estes sistemas. Desta forma, torna-se vulgar um veículo contar com dezenas de sensores e atuadores para otimizar o funcionamento, a segurança e o conforto do mesmo.

Os sensores são transdutores que convertem grandezas físicas em sinais elétricos que são enviados posteriormente para a unidade de controlo correspondente ao sistema a ser medido. Atualmente encontra-se diversos tipos de sensores num sistema automóvel, para a realização de medições como a posição, velocidade, rotação, aceleração, pressão, força, binário, fluxo, concentração e temperatura.

Posteriormente a unidade de controlo encarrega-se de analisar os sinais elétricos recebidos dos sensores e processa esses sinais de forma a ativar os atuadores para realizarem a sua função corretamente (figura 1).

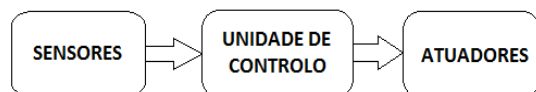


Figura 1. Diagrama do funcionamento de uma unidade de controlo

Os actuadores, por sua vez, convertem os sinais elétricos recebidos da unidade de controlo para grandezas físicas,

correspondentes às ações mecânicas e/ou elétricas que devem executar.

Uma unidade de controlo é constituída por:

- Um conversor A/D, que transforma o sinal analógico num sinal digital, recebido dos sensores.
- Um conversor D/A, que transforma o sinal digital num sinal analógico, enviado para os atuadores.
- Processador Digital de sinal (DSP), responsável pelo processamento dos sinais recebidos pelos sensores, realizando cálculos para gerar sinais resultantes para os atuadores.
- Memória EEPROM ou FLASH, onde se encontra o programa que controla o funcionamento da unidade de controlo.
- Memória RAM, onde o DSP guarda temporariamente os dados, sobre o estado do funcionamento em que se encontra o automóvel, a cada instante.
- Portos de entradas e saídas para a comunicação entre o DSP e os conversores A/D e D/A.

Atualmente um automóvel dispõe de uma rede de unidades de controlo, tais como:

- Unidade de controlo do motor (ECU)
- Unidade de controlo de transmissão (TCU).
- Unidade de controlo da caixa de velocidades (GCU)
- Unidade de controlo de airbag (ACU)
- Unidade de controlo de telefone (TCU)
- Interface Homem-Máquina (MMI)
- Unidade de controlo de portas (DCU)
- Unidade de controlo de bancos (SCU)
- Unidade de controlo de climatização (CCU)
- Unidade de controlo de velocidade (SCU)
- Unidade de controlo do painel de instrumentos (CCU)

- Unidade de controlo de estacionamento (PCU)

As unidades de controlo do motor (ECU) e de transmissão (TCU) em conjunto são designadas de Módulo de controlo de potência (PCM). A ECU é a unidade de controlo responsável pelas restantes unidades de controlo.

II. OS SENSORES NOS DIVERSOS SISTEMAS DO AUTOMÓVEL

Um automóvel é constituído por um conjunto de sistemas, por exemplo: Motor, sistema de injeção eletrónica, carga, segurança, climatização, entre muitos outros, na figura 2 é possível verificar alguns dos sistemas automóveis. Com os avanços tecnológicos o número de sistemas tendem a aumentar gradualmente, isto para que seja possível uma melhor gestão de recursos, maior segurança e conforto.



Figura 2. Sistemas a estudar de um automóvel

A. Motor: sensores utilizados na Injeção e ignição eletrónica

Este sistema vem substituir os sistemas convencionais de alimentação, por carburador e ignição eletrónica transistorizada. É constituído por uma unidade de controlo responsável pelo bom funcionamento do motor, desde a preparação da mistura ar/combustível, a sua queima e a exaustão dos gases.

Para que isso seja possível, a unidade de controlo deve processar as informações de diversas condições do motor, como a sua temperatura, a temperatura do ar admitido, a pressão interna do coletor de admissão e a rotação, e variáveis do automóvel como a posição da borboleta, a informação do sensor de lambda e a informação de batidas do pistão nas paredes do bloco do motor. Esses sinais, depois de processados, servem para controlar diversos dispositivos que irão atuar no avanço da ignição, na injeção de combustível, entre outros.

A injeção eletrónica nos veículos a Diesel, pode ser definida pelo sistema *Common Rail*. Este sistema é semelhante aos sistemas de injeção multiponto para ciclo *Otto*, uma vez que os injetores estão acoplados a um único tubo e não ligados através de um tubo para cada cilindro.

Neste sistema, a unidade de controlo deve processar a informação de vários sensores, nomeadamente: sensor de rotação, de fase, de aceleração, sensor do turbo, da temperatura do ar e da água, do medidor de massa de ar e também da pressão na régua.

B. Sensores utilizados na climatização

Um equipamento de ar condicionado é constituído por um circuito fechado onde circula um gás, cuja característica básica é uma repentina redução da temperatura com o aumento da pressão, que através de diversos dispositivos se encarrega de absorver o calor do habitáculo do veículo e expulsá-lo para a atmosfera (figura 3).

Numa fase inicial, o gás é aspirado pelo compressor, que normalmente é acionado pelo motor do veículo através de uma correia. No compressor o gás é comprimido, aumentando assim a pressão e a temperatura. De seguida o gás dirige-se ao condensador onde será arrefecido e condensado, ou seja passa do estado gasoso para o estado líquido, cedendo calor à atmosfera.

Uma vez condensado, o gás passa através de um filtro que retém as possíveis partículas de humidade do circuito. Finalmente chega ao evaporador, onde o gás passa através de um pequeno orifício sofrendo uma expansão brusca, o que origina uma grande diminuição de temperatura que irá arrefecer o ar do habitáculo, absorvendo o seu calor.

O gás posteriormente volta a passar pelo compressor, onde começa um novo ciclo.

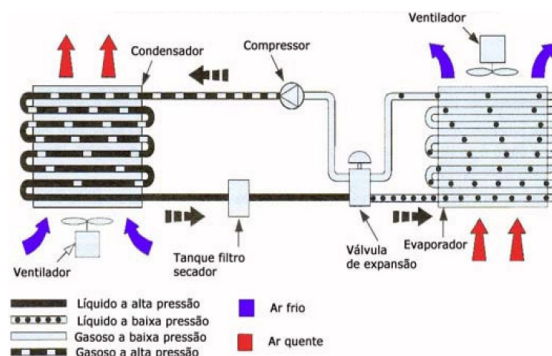


Figura 3. Constituição de um sistema de ar condicionado[1]

O sistema de climatização automático da Mercedes, *THERMOTRONIC*, permite regular em separado a temperatura desejada para o condutor e acompanhante. Mediante sensores que registam fatores externos como a incidência do sol, a qualidade do ar e o grau de humidade, o *THERMOTRONIC* mantém sempre a temperatura nos níveis especificados.

O sistema monitoriza continuamente a temperatura interior, a temperatura do fluxo de ar que sai das aberturas, a humidade do ar, bem como a intensidade e o ângulo de incidência dos raios solares. É também monitorizada a concentração de monóxido de carbono e de nitrogénio no exterior do veículo e em caso de rápida subida do nível de poluição, é fechado automaticamente a tampa de recirculação de ar.

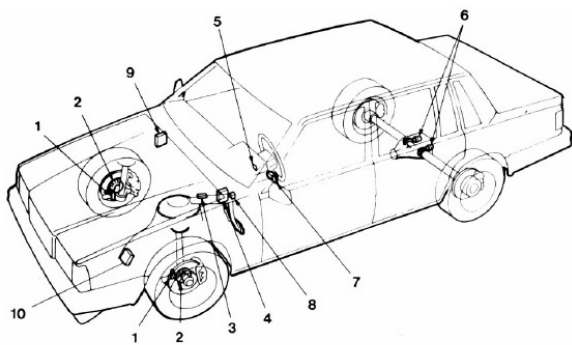
C. Sensores na segurança ativa

A segurança ativa procura minimizar as possibilidades de acontecer um acidente durante uma viagem.

Combinando os sistemas, *Antilock braking system* (ABS) e o *eletronic brake distribution* (EBD), TRACS e DSA, com o uso de sensores e de unidades de controlo, permite ao sistema intervir sempre que necessário e estabilizar a condução, limitando a potência ou travando uma ou mais rodas. O sistema recorre então aos seguintes sensores: Um sensor de ângulo de viragem, que regista a posição do volante. Sensores nas rodas que registam a rotação das mesmas. Um sensor que regista a forma como o veículo roda sobre o seu eixo vertical. Um sensor de aceleração lateral que reage a forças centrífugas geradas em situação de curva.

O sistema de ABS necessita da leitura da rotação de cada uma das rodas, motivo pelo qual necessita de um sensor em cada uma das rodas. Os sensores determinam o número de rotações das rodas e, em função disso, a velocidade de rotação das mesmas.

Os sistemas de regulação eletrónica da força de travagem (ELB) necessitam de realizar uma leitura ao sensor do pedal de travão e aos sensores de rotação de cada uma das rodas, que por sua vez é transmitida à unidade de controlo do ELB. Desta forma, a unidade de controlo do ELB processa os dados recebidos e transmite-os para os módulos de regulação de pressão que ajustam a pressão de travagem pelos travões das rodas. Simultaneamente os módulos de regulação de pressão transmitem à unidade de controlo do ELB os sinais provenientes dos sensores das rodas.



1. Sensores das rodas dianteiras; 2. Rodas dentadas para informação dos sensores; 3. Sensor de pressão; 4. Caixa electrónica do ETC; 5. Luz de aviso do funcionamento do ETC; 6. Sensores de rotação (no diferencial); 7. Interruptor on/off do ETC; 8. Relé; 9. Unidade electrónica de controlo do motor (Motronic); 10. Caixa electrónica de 'etapa final' do Motronic

Figura 4. Sistema de controlo de tração (ETC) [2]

O sistema de controlo de tração (ETC) funciona integrado no ABS. A informação proveniente dos sensores das rodas da frente (1) e no diferencial (6) é constantemente enviada para a unidade de controlo de ETC (4), para o controlo da velocidade de rotação e da tração de cada uma das rodas (figura 4). A unidade de controlo da ETC processa a informação recebida, de maneira a verificar a que velocidade as rodas deveriam girar, isto para evitar o deslizamento de um automóvel quando o piso se encontra escorregadio e diminuir o tempo de abertura dos injetores.

O sistema de suspensão adaptável (ADS) dispõe de um sensor na direção que analisa o ângulo e a velocidade da viragem do volante, assim se o automóvel se encontrar a realizar uma curva, os amortecedores ajustam-se automaticamente a uma posição firme, quando esta acabar os amortecedores retomam a uma posição suave. Quando se trava o automóvel, ou seja, quando o sensor do pedal de travão envia o sinal à unidade de controlo de ADS, esta ajusta a suspensão para a posição firme. O sensor do travão combinado com o sensor de desaceleração do sistema de airbag, permite em travagens suaves ajustar a suspensão novamente para a posição suave. Através do sensor de velocidade do motor, permite que a partir de uma determinada velocidade, a suspensão se ajuste para a posição firme. Necessita também de um sensor de aceleração vertical, para detetar um movimento vertical no automóvel, como por exemplo quando se passa por cima de um buraco, permitindo assim a suspensão ajustar-se para a posição firme.

A suspensão pneumática auto-nivelante é usada no eixo traseiro do automóvel e tem como principal função manter constante a altura do automóvel ao solo. Necessita de um sensor Hall, que mede a distância da carroçaria ao eixo e transmite-a para a unidade de controlo da suspensão que irá processar a informação recebida e atuar o compressor de ar responsável por encher os sacos da suspensão.

Nos automóveis equipados com o Programa Eletrónico de Estabilidade (ESP), usam sensores de velocidade rotacional das rodas, como no sistema de ABS. O sensor de ângulo da direção regista constantemente as indicações de viragem da direção desejadas pelo condutor, como no sistema de ADS. Ao mesmo tempo, os *yaw rate sensors* detetam o movimento rotacional do veículo através do seu eixo vertical. Um microcomputador compara os comandos do condutor com a direção de condução decorrente. Se uma divergência for detetada, o ESP intervém em apenas frações de segundo. A travagem focalizada individual das rodas estabiliza o veículo, permitindo ao condutor manter o controlo do automóvel. Estudos efetuados por fabricantes automóveis de renome demonstram que o ESP previne acidentes e salva vidas. Por exemplo o ESP está-se a tornar o componente chave do Segurança Ativa e Passiva Combinada (CAPS). O CAPS é um sistema de segurança modular que interliga os sistemas de segurança ativa e passiva tais como o ESP, ACC, controlo de airbag e sensores de *roll-over*. [3]

O sensor eletrónico da bateria (EBS), realiza medições das variáveis físicas da bateria, como a corrente, tensão e temperatura. Atualmente, o sensor do limpa pára-brisas necessita também de medir a velocidade do motor.

D. Sensores na segurança passiva

A segurança passiva é o sistema que tenta minimizar as consequências do acidente nos passageiros do automóvel.

A unidade de controlo de airbag (ACU) usa sensores de impacto, instalados atrás do para-choque frontal, figura 5, para a deteção de colisões frontais e um sensor de desaceleração. Assim, numa colisão traseira não ativará as bolsas do airbag. A ACU irá processar os dados vindos dos sensores e gerar curvas de impacto, a partir das quais se verificarão os tempos críticos para a ativação ou não das bolsas de ar. A ativação tardia ou antecipada, ou ainda “não prevista” pode causar sérios danos aos passageiros. Após a análise das curvas de impacto e da leitura realizada pelo sensor de desaceleração, a ACU verifica o momento ideal para a ativação dos pré-tensores dos cintos de segurança e das bolsas, considerando dois fatores: momento de maior desaceleração, instante em que os passageiros podem sofrer lesões por choque das partes internas do automóvel e velocidade ativação das bolsas de ar. Desta forma a ACU analisa se é necessário apenas ativar os pré-tensores ou também se é necessário ativar as bolsas de ar.

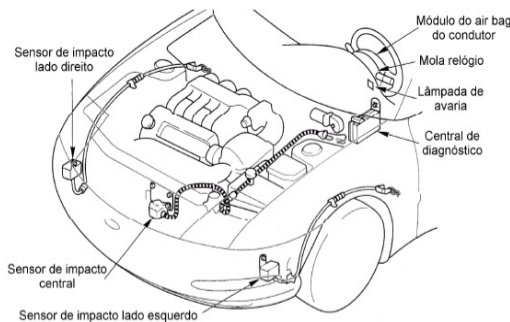


Figura 5. Sistema de airbag [4]

Os automóveis atuais dispõem de airbags laterais para aumentar a proteção do motorista e passageiro dianteiro em caso de colisão lateral severa na região das portas dianteiras, sendo independentes entre si, ou seja, o acionamento de um dos lados não implica no acionamento do outro lado. O sistema possui sensores posicionados nas portas dianteiras que podem ser danificados ou o seu funcionamento ser afetado durante uma colisão. Uma vez que não há como se prever o que acontecerá com o sensor após um impacto, este tem que estar em perfeito funcionamento até ao momento da colisão.

Neste sistema existe também sensores de anti-capotamento (*yaw rate sensors*), que ao detetar uma inclinação do automóvel com um ângulo superior a 12.6° [5], bloqueia as rodas opostas à inclinação, procurando evitar o capotamento.

São ainda medidas o afivelamento dos cintos de segurança e o fechar das portas.

E. Sensores auxiliares

Para além dos sensores que vêm incorporados de fábrica num automóvel, podem ser adicionados, caso não tenham,

outros tipos de sensores, tais como, sensores de chuva, estacionamento, iluminação, entre outros.

Os sensores de chuva ajudam na segurança ativa, uma vez que melhora a visibilidade de um automóvel. Este tipo de sistema é constituído por um ou mais sensores ópticos e por uma unidade de controlo. Os sensores estão situados no para-brisa, atrás do retrovisor interno e emitem um raio de infravermelhos em direção ao para-brisas. Se o vidro estiver seco, grande parte dos raios serão refletidos de volta para o sensor. Se o vidro estiver molhado, as gotas refletirão a luz em direções diferentes. Quanto mais molhado o vidro estiver, menor será a luz refletida de volta, o sensor deteta esta alteração e aciona o limpador, numa velocidade proporcional à intensidade da chuva.

Alguns dos automóveis recentes já trazem de fábrica um sensor (normalmente um LDR) para detetar a diminuição da intensidade da luz do dia, quando anoitece ou à passagem num túnel, acendendo os médios sem intervenção do condutor. Caso o veículo não tenha esta tecnologia, então poderá ser instalada no para-brisa, atrás do retrovisor interno.

Atualmente existem sensores eletromagnéticos e ultra-som para estacionamento. Normalmente são instalados quatro sensores de ultra-som no para-choque do automóvel e inclui um display onde indica a distância do obstáculo e/ou um sinal sonoro. Os sensores de ultra-som emitem uma alta frequência sonora (não audível ao ouvido humano), em que esse sinal é refletido no obstáculo, regressando novamente ao sensor. Sabendo que a velocidade do som é de 340 m/s e considerando o tempo que o sinal demora a chegar ao obstáculo e a ser refletido de volta, dá-nos a distância a que o automóvel se encontra do obstáculo. Os sensores eletromagnéticos são instalados no interior do para-choque do automóvel, em que o para-choque terá que ser de plástico e não de metal e podem incluir um display onde indica a distância do obstáculo e/ou um sinal sonoro. Resumidamente, o princípio de funcionamento dos sensores eletromagnéticos é semelhante a um radar, ou seja, estes emitem ondas eletromagnéticas e através do tempo da emissão e do eco das ondas e sabendo que a velocidade da propagação das ondas é a da velocidade da luz a unidade de controlo saberá a distância a que o automóvel se encontra do obstáculo.

III. SENSORES USADOS NA INJEÇÃO ELECTRÓNICA

Para que o motor funcione com eficiência não chega a existência de combustível. É necessário promover uma mistura de ar/combustível, admitida nos cilindros numa quantidade precisa. Esta quantidade determina uma relação ideal e necessária para se atingir o máximo rendimento do motor.

A mistura ar/combustível pode ser:

- Estequiométrica ($\lambda=1$): representa a relação ideal, possui uma quantidade de ar capaz de queimar todo o combustível presente. A combustão é teoricamente perfeita;
- Rica ($\lambda<1$): quando a mistura admitida nos cilindros possui menos ar do que o necessário, uma parte do

combustível não é queimado. A combustão torna-se incompleta e aumenta o nível de emissão de gases;

- **Pobre ($\lambda > 1$):** quando a mistura possui menos combustível do que o necessário, parte do oxigénio não é utilizado. A combustão é ineficiente.

É a injeção eletrónica responsável pela gestão da alimentação de combustível e da ignição dos injetores. Para isto, este sistema é composto por vários sensores e atuadores que interligados com uma unidade de controlo é capaz de otimizar o funcionamento do motor, na figura 6 apresenta-se a constituição da injeção eletrónica.

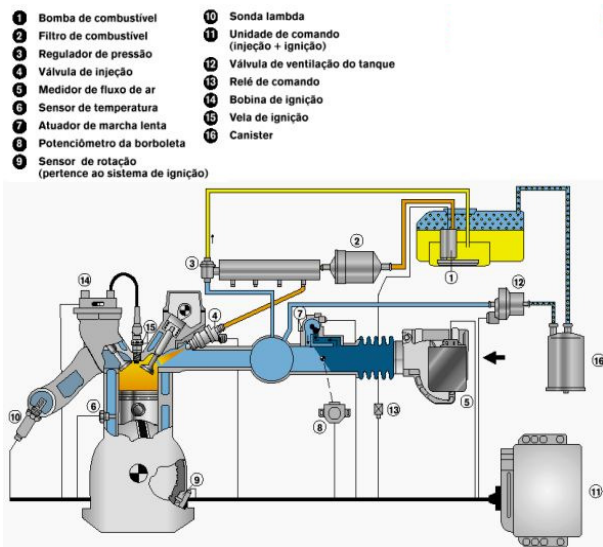


Figura 6. Sistema de injeção eletrónica [6]

Os sistemas de injeção eletrónica podem ser classificados, entre outras formas, pelo número de injetores ou pela estratégia de determinação do tempo de injeção ou do avanço de ignição:

Pelo número de injetores os sistemas podem ser:

- **Monoponto:** quando possui um único injetor para os diversos cilindros do motor;
- **Multiponto:** quando possui um injetor por cada cilindro do motor.

Pela estratégia de determinação do tempo de injeção:

- **Mapeamento ângulo x Rotação:** o tempo básico de injeção é definido em testes de bancada em laboratório em função do ângulo da borboleta de aceleração e da rotação do motor, gerando uma tabela de tempos básicos de injeção que são memorizados.
- **Densidade x Rotação:** o tempo básico de injeção é calculado, indiretamente, em função do fluxo de massa de ar admitido. O fluxo de massa de ar é determinado pela rotação do motor, pelo volume dos cilindros e pela densidade do ar, e este é calculado segundo a pressão do coletor de admissão e a temperatura do ar.

- **Fluxo de ar:** o tempo básico de injeção é calculado, diretamente, em função do ar admitido. A quantidade de ar é determinado diretamente por um medidor de fluxo de ar e o resultado é corrigido em função do efeito da variação da temperatura do ar admitido na variação da sua densidade.
- **Massa de ar:** o tempo básico de injeção é calculado, diretamente, em função da massa de ar admitida. A massa de ar é determinada por um medidor de massa de ar, pelo que o seu princípio de funcionamento já corrige automaticamente, as variações da pressão atmosférica, da temperatura ambiente e até da humidade relativa do ar.

A injeção eletrónica é controlada pela unidade de controlo eletrónico (UCE). Esta unidade de controlo, figura 7, é uma unidade digital com microprocessador, caracterizada pela elevada velocidade de cálculo, precisão, confiabilidade, versatilidade, baixo consumo energético e sem necessidade de manutenção. É responsável pelo tratamento da informação de cada sensor e por determinar as ações a serem aplicadas aos atuadores, de forma a manter o melhor funcionamento possível do motor.

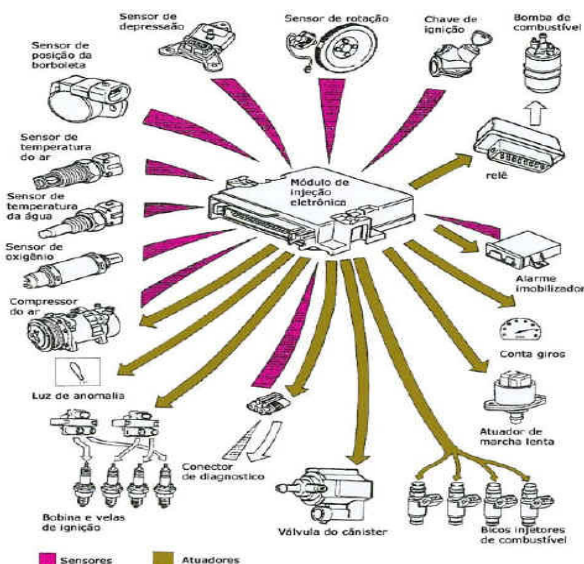


Figura 7. Unidade de controlo do sistema de injeção eletrónica [7]

A unidade de controlo possui um modo de funcionamento de emergência que no caso de algum sensor se danificar, consegue detetar que o valor retornado por um sensor está fora de um limite aceitável e rejeita esse mesmo valor e utiliza um valor guardado na sua memória. Consegue assim manter o veículo em funcionamento, a menos que seja uma avaria que comprometa a segurança das pessoas.

No que respeita a sensores, a injeção eletrónica é constituída por:

A. Sensor de Pressão Absoluta do coletor (MAP)

O sensor de pressão absoluta do coletor de admissão, ou sensor MAP (*Manifold Absolute Pressure*), encontra-se no compartimento do motor e é ligado ao coletor de admissão através de um tubo de borracha.

Na maioria dos sistemas este sensor apresenta como elemento sensível uma membrana de material cerâmico.

É constituído por duas câmaras, separadas pelo diafragma cerâmico, onde uma delas é fechada à vácuo e a outra exposta à pressão do coletor.

Este sensor, figura 8, tem como função informar a unidade de controlo sobre as diversas variáveis da pressão no coletor de admissão, este valor é determinado pela rotação do motor e pela posição da borboleta de aceleração.

Com o valor da pressão absoluta, mais as informações dos demais sensores do sistema, consegue-se determinar a melhor relação ar/combustível e o avanço de ignição.



Figura 8. Sensor de pressão absoluta do coletor [8]

O sensor MAP pode ter saída analógica ou digital (figura 9), em ambos os casos a sua alimentação é garantida pela unidade de controlo (uma tensão contínua de aproximadamente 5V). No sensor com saída analógica, o sinal enviado a unidade de controlo, é uma tensão contínua de intensidade variável com a depressão do coletor de admissão. Já o de saída digital fornece um sinal em onda quadrada cuja frequência varia com a depressão do coletor de admissão.

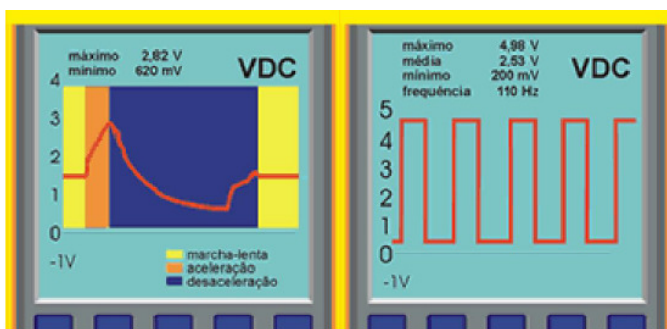


Figura 9. MAP com saída analógico (esquerda) e digital (direita) [9]

B. Sensor de Temperatura do Líquido de Arrefecimento (CTS)

O sensor de temperatura do líquido de arrefecimento (figura 10), *Coolant Temperature Sensor* (CTS), fornece uma informação fundamental à ECU para que esta consiga executar diversas estratégias de funcionamento do motor.

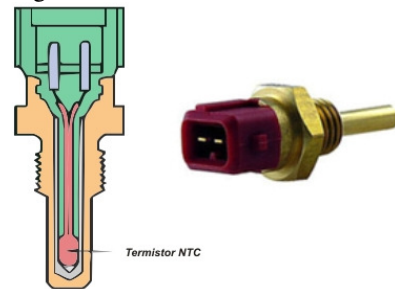


Figura 10. Sensor de temperatura do líquido de arrefecimento [10]

Geralmente localiza-se no cabeçote, a parte mais quente do motor, com a ponta resistiva em contato com o líquido de arrefecimento.

O sensor reage às alterações de temperatura do líquido variando a resistência.

O sensor é colocado em série com uma resistência, que se encontra alojada dentro da ECU e possui um valor fixo. Desta forma o circuito resultante não é mais que um divisor de tensão, do qual resulta o valor a enviar à ECU, como é possível verificar pela figura 11. Como a resistência do NTC diminui com o aumento da temperatura, quanto maior for a temperatura, menor será a tensão lida pela ECU.

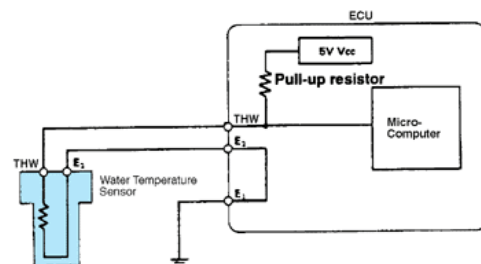


Figura 11. Montagem de um sensor de temperatura do líquido de arrefecimento [11]

A unidade de controlo, com a informação recebida do sensor, controla a quantidade de combustível, o ponto eletrónico de ignição e efetua o controlo do ar com o motor em marcha lenta.

C. Sensor de Temperatura do ar (ACT)

O sensor de temperatura do ar, figura 12, tem um funcionamento semelhante ao sensor de temperatura de arrefecimento, a diferença está na localização, e função, do

sensor. Este encontra-se localizado antes do corpo da borboleta, colocado na mangueira que liga o filtro de ar ao corpo.



Figura 12. Sensor de temperatura do ar [12]

O sinal do sensor de temperatura do ar, normalmente é utilizado pela unidade de controlo para corrigir a leitura da massa de ar, em função da sua densidade.

Em alguns sistemas de injeção o sensor de temperatura do ar pode ser combinado numa única peça (figura 13) com o sensor de pressão absoluta do coletor, uma vez que ambos são utilizados para fins de cálculo da densidade do ar. Neste caso, o sensor é posicionado após a borboleta de aceleração.



Figura 13. Sensor de pressão absoluta do coletor e sensor de temperatura do ar (na mesma peça) [13]

D. Sensor de Velocidade do Veículo (VSS)

O sensor de velocidade do veículo, *Vehicle Speed Sensor* (VSS), pode ser encontrado em três configurações: sensor magnético ou de relutância variável, sensor de efeito hall e sensor óptico.

Este sensor fornece à unidade de controlo, as informações da velocidade do veículo, que são utilizadas pela mesma para o controlo da marcha lenta, a quantidade de combustível e o controlo da válvula EGR.

D.1. Sensor de efeito hall

É um sensor normalmente colocado no eixo de saída da transmissão, junto ao cabo do velocímetro. Fornece um sinal pulsado cuja amplitude deve ser igual à tensão de alimentação e a frequência proporcional à velocidade do veículo.

D.2. Sensor magnético

É um sensor que não necessita de alimentação. A resposta deste sensor é gerada por indução eletromagnética devido a interação entre o sensor e a roda dentada.

D.3. Sensor óptico

O sensor de efeito óptico possui um funcionamento semelhante ao de efeito hall. Consiste num díodo emissor de

luz e um sensor óptico, fototransistor, separados por um disco giratório com janelas. Sempre que as janelas permitem que a luz do emissor seja refletida no sensor óptico, é enviado um pulso à unidade de controlo. Desta forma a frequência dos impulsos é igual ao número de rotações por minuto do disco multiplicado pelo número de impulsos.

E. Sensor de Rotação do motor

O sensor de rotação informa a unidade de controlo sobre a rotação do motor, com o objetivo de sincronizar o sistema (tempo de injeção e avanço de ignição) com o ponto morto superior do motor.

Os sensores mais utilizados para a medição da rotação são normalmente de efeito hall ou indutivos (relutância magnética).

Nos sensores indutivos, como apresentado na figura 14, existe um processo de medição durante o qual uma bobina deteta as alterações do fluxo magnético gerado por uma geometria de dentes e espaços. Através do movimento de rotação da roda dentada é induzida uma tensão na bobina. O ímã permanente integrado garante o campo magnético necessário. O número de rotações do rotor do sensor determina a amplitude e a frequência da tensão alternada induzida.

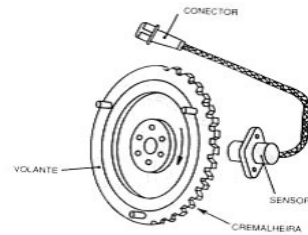


Figura 14. Sensor de rotação indutivo [14]

Nos sensores de efeito hall, quando um condutor elétrico é submetido a um campo magnético perpendicular à direção da corrente elétrica, surge uma diferença de potencial aos terminais do condutor. Estes podem ser encontrados nos distribuidores como se apresenta na figura 15.



Figura 15. Sensor de rotação de efeito hall (presente no distribuidor) [15]

F. Sensor de Oxigénio (Sonda Lambda)

O sensor de oxigénio tem como objetivo medir a quantidade de oxigénio existente nos gases de escape. Utiliza

normalmente um sensor do tipo não aquecido e encontra-se localizado na saída do coletor de escape ou próximo do conversor catalítico. Está preparado para funcionar apenas acima dos 300 graus centígrados. É constituído por um corpo cerâmico à base de zircónio recoberto por uma pequena camada de platina, fechada em uma extremidade e colocada num tubo protetor e alojado num corpo metálico (figura 16).

A parte externa do elemento do zircónio encontra-se exposta ao fluxo de gases de escapamento, enquanto a parte interna está em comunicação com o ar ambiente, onde a taxa de oxigénio é sempre igual a 21%.

Este sensor apresenta assim dois tipos de operações:

- **Circuito aberto:** Quando se arranca pela primeira vez o motor e a rotação está abaixo do valor pré determinado, o sistema vai ignorar o sensor de oxigénio. Esta operação é designada de fase de aquecimento.
- **Circuito fechado:** Quando os valores pré determinados forem atingidos, o módulo passa a calcular a mistura ar/combustível em tempo real, baseada no sensor de oxigénio e através do tempo de abertura dos injetores, o que permite uma mistura próxima à mistura estequiométrica ($\lambda=1$).

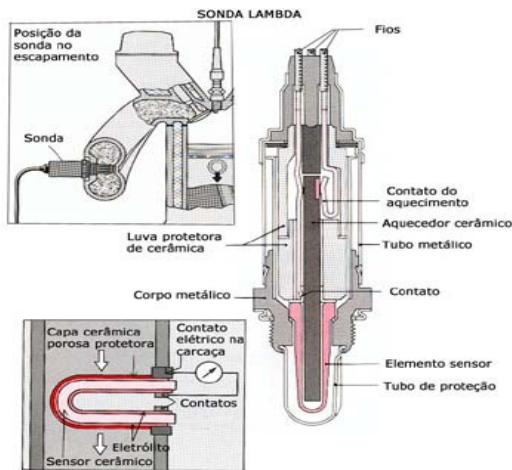


Figura 16. Sensor de oxigénio (sonda lambda) [16]

G. Sensor de batimento (Knock Sensor)

Durante os diversos regimes de funcionamento do motor, podem ocorrer combustões aleatórias, denominadas de batimento.

Estes batimentos dão origem a vibrações mecânicas dentro da câmara de combustão, as quais são prejudiciais ao rendimento e vida útil do motor.

Para evitar os batimentos, ou reduzir os seus efeitos, utiliza-se o sensor de batimento (*knock sensor*), normalmente aparafusado no bloco do motor junto da válvula de escape, de forma a ser possível identificar as vibrações provocadas pelo fenómeno.

O sensor de batimento, figura 17, é constituído por um elemento piezoelétrico que consegue identificar a frequência sonora específica e informar a unidade de controlo da

ocorrência de batimento no motor (esta frequência depende do tipo de motor e pode variar entre 5 a 15 kHz).



Figura 17. Sensor de batimento [17]

Após a unidade de controlo receber a informação de batimento, inicia-se de imediato um processo de redução gradual do avanço de ignição, até que terminado o batimento é restabelecido o valor de avanço de ignição.

H. Sensor de Posição da Borboleta de Aceleração (TPS)

O sensor de posição da borboleta tem como função informar a unidade de controlo sobre a posição angular da borboleta de aceleração. Este é constituído por um potenciômetro rotativo ligado a um eixo solidário da borboleta. Assim com o movimento da borboleta, altera-se a posição do potenciômetro.

A unidade de controlo, através deste sensor, calcula a rotação de marcha lenta, o avanço do ponto de ignição e a quantidade de combustível a ser injetado.

Na figura 18, apresenta-se o modo de ligação do sensor de posição da borboleta com o módulo de injeção eletrónica.

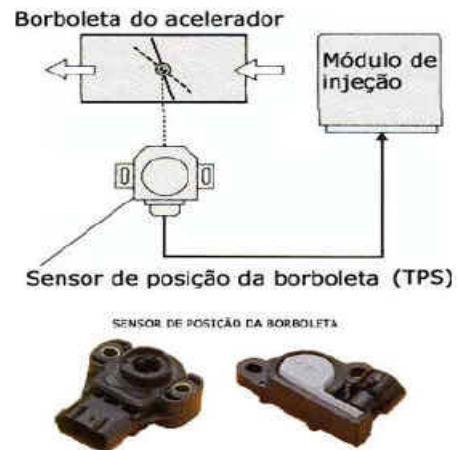


Figura 18. Sensor de posição da borboleta de aceleração [12]

Na tabela 1 apresentamos a dependência existente entre os vários sistemas, ou seja, existem variáveis físicas (como temperatura do motor, por exemplo) que são necessárias em mais que um sistema.

Tabela I. INTERDEPENDÊNCIA DAS VARIÁVEIS A MEDIR ENTRE OS DIVERSOS SISTEMAS

Tipo Sensor	Motor	Climatização	Segurança Ativa	Segurança Passaiva
Temperatura Motor	x	x		
Temperatura ar admitido	x			
Temperatura interior		x		
Temperatura fluxo de ar		x		
Pressão interna do coletor	x			
Pressão na Régua	x			
Rotação do Motor	x	x	x	
Rotação das Rodas			x	
Posição da borboleta	x			
Lambda	x			
Batimento	x			
Fase	x			
Aceleração	x	x	x	x
Humidade do ar		x		
Ângulo do volante			x	
Velocidade de rotação do volante			x	
Yaw Rate Sensor			x	x
Travão			x	
Distância carroçaria ao eixo			x	
Sensores de impacto				x
Cintos e portas				x

- a) Os **sensores de efeito hall** são alimentados com tensão de bateria. Fornecem à UCE um sinal digital cuja amplitude deve ser igual à tensão de alimentação, e a frequência proporcional à velocidade do veículo. Estão normalmente instalados no eixo de saída da transmissão, junto ao cabo do velocímetro. O sensor de velocidade tipo hall é o mais comum no mercado nacional, sendo utilizado em veículos como Kadett EFI, Monza efi, Ipanema efi, Gol mi 1.0, Palio 16 v, Escort 16v - Zetec, e outros.

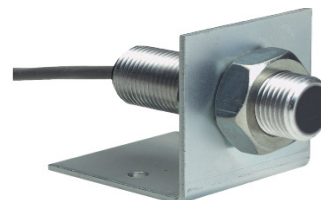


Figura 19. Sensor de efeito hall da *ElectroSensors* (**HE950**) [17]

Na figura 19 encontra-se a imagem de um sensor de efeito hall da empresa *ElectroSensors* e na tabela 2 é possível ver algumas características do mesmo.

Tabela II. CARACTERÍSTICAS DO SENSOR HE950 DA *ELECTROSENSORS* [18]

Gama de medição	0 a 10000 RPM
Distância da engrenagem	2 a 3 mm
Temperatura funcionamento	-40° a 60° C
Dimensão do cabo	457.2 m
Fonte de alimentação (DC)	5 a 24 V
Saída	Frequência (12kHz)

Na figura 20, pode-se analisar como se deve ligar este sensor, nomeadamente a distância a que se deve encontrar da roda dentada.

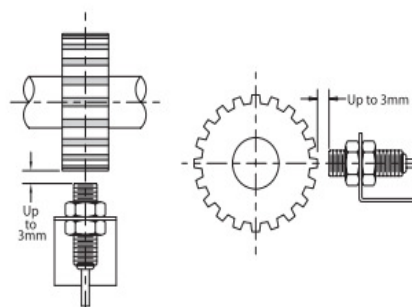


Figura 20. Modo de instalação do sensor [18]

IV. TIPOS DE SENSORES EXISTENTES PARA O CONTROLO DA ROTAÇÃO

Existem diferentes alternativas no mercado para a determinação da rotação de um veículo, nomeadamente:

- Efeito Hall;
- Magneto-resistivo;
- Óptico.

b) Os **sensores de efeito óptico** possuem comportamento similar aos de efeito hall. Consistem basicamente de um diodo emissor de luz (LED) e um sensor óptico (fototransistor) separados por um disco giratório com janelas. Toda vez que as janelas permitem que a luz procedente do LED seja refletida no sensor óptico é enviado sinal (pulso) à UCE. Estes sensores são encontrados, por exemplo, na família Corsa e no Omega 2.2 (com painel analógico - comum). Estão normalmente instalados junto ao painel de instrumentos e são acionados pelo cabo do velocímetro.



Figura 21. Sensor óptico da *MonarchInstrument (ROS W/P)* [19]

Tabela III. CARACTERÍSTICAS DO SENSOR ROS W/P DA *MONARCHINSTRUMENT* [19]

Gama de medição	1 a 250000 RMP
Distância da engrenagem	1 m
Temperatura funcionamento	-10° a 70° C
Dimensão do cabo	2.4 m
Fonte de alimentação (DC)	3 a 15 V
Saída	Frequência

Este sensor utiliza uma fita refletora, na engrenagem, de forma que seja possível a detecção de uma volta completa da engrenagem, através da reflexão do feixe luminoso.



Figura 22. Funcionamento do sensor óptico [19]

c) Os **sensores magnéticos ou de relutância variável** não necessitam de alimentação elétrica. Seu sinal é gerado por indução eletromagnética devido a interação entre o sensor e a roda dentada (fônica). São aplicados em veículos como S10 /Blazer 2.2 EFI e 4.3 V6. O sensor de velocidade nos veículos S10 é de relutância variável instalado na saída da transmissão, que emite um sinal de

frequência e tensão variáveis conforme a velocidade de rotação do eixo de saída. Estes pulsos são processados pelo módulo DRAC, que os transforma num sinal digital adaptado às necessidades da unidade de comando. O módulo DRAC emite pulsos numa frequência de aproximadamente, 2500 pulsos por km rodado. Está localizado no mesmo suporte que a unidade de comando (debaixo dela).

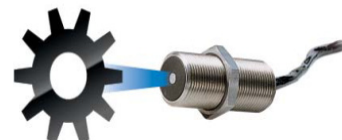


Figura 23. Sensor magneto-resistivo da *MonarchInstrument (M-190W)* [20]

Este sensor não necessita de alimentação, uma vez que consegue gerar um sinal AC, proporcional à velocidade, por indução eletromagnética com a interação entre o sensor e a roda dentada. Apresenta as seguintes características:

Tabela IV. CARACTERÍSTICAS DO SENSOR M-190W DA *MONARCHINSTRUMENT* [20]

Gama de medição	1-99.999 RPM
Distância da engrenagem	0.127 mm
Tamanho mínimo da engrenagem (diâmetro)	2.692 mm
Temperatura funcionamento	-73° a 107° C
Dimensão do cabo	2.438 m
Saída	Corrente

V. NOVAS TENDÊNCIAS PARA SENSORES NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

A indústria automóvel preocupa-se sempre em desenvolver e em implementar novas tecnologias nos automóveis, de forma a otimizar os consumos de combustível, a reduzir as emissões de gases poluentes e de CO2 e a aumentar a segurança do automóvel. Tendo em conta estes fatores, a tendência será aumentar cada vez mais a eletrónica no automóvel para se conseguir tirar o maior rendimento possível deste, aumentar a segurança, iluminação, visibilidade e um maior conforto numa viagem.

A. Sensores para registar frequência cardíaca

Com diversos sensores situados no assento do condutor, serão capazes de medir a frequência cardíaca do condutor.

Caso o sistema registre alguma alteração na frequência cardíaca do condutor (podendo indicar um infarte),

recomendará que o condutor pare o automóvel e se algo mais grave for detetado, outro sistema irá contactar com os serviços de emergência, informando as coordenadas do automóvel. [21]

B. Sensores para a classificação dos passageiros

A tendência dos automóveis será de instalar sensores nos bancos capazes de detectar a presença de passageiros e os seus pesos, através de sensores de pressão. Os sinais dos sensores são transmitidos a uma unidade de controlo para processar os dados e enviá-los para a unidade de controlo de airbag para decidir se ativa ou desativa os airbags.

Estes sensores serão capazes de detetar em que posição o passageiro se encontra e se está a usar cinto de segurança.

O sistema também tem um sensor de tensão no cinto de segurança que permite interpretar a pressão criada quando uma cadeirinha de bebé está em uso naquele assento ou se o condutor está transportando algum objeto pesado.

No momento em que a unidade de controlo se encontra informada sobre o tamanho e o peso do passageiro, os airbags entram em ação. Com base no tamanho dos passageiros, esses airbags podem ser ativados em plena velocidade, velocidade parcial ou ficarem inativos. Ativado em plena velocidade pode ferir seriamente ou até matar uma criança ou adulto de baixa estatura. [22]

Os sensores de pressão, também poderão ser usados para desligar o automóvel automaticamente, sempre que não forem detetados passageiros.

C. Sensor de impacto central para proteção de peões

Este sistema aproveita o sensor de impacto central que é usado na ativação dos airbags, para a proteção dos peões no momento de impacto. Permite uma elevação automática do capô em caso de choque frontal com peões. O peão cai sobre o capô, que absorve o choque, agindo como um amortecedor. O risco de lesão é reduzido porque a cabeça e os ombros dos peões não ficam em contato com o motor. [23]

D. Alerta de transposição involuntária de linha

Uma ajuda para evitar a diminuição de concentração ou alguma pequena distração ao volante. Utiliza as informações decorrentes da leitura contínua de sensores infravermelhos virados para o chão para detetar a passagem da linha contínua ou descontínua. Quando o automóvel ultrapassa uma linha de marcação (a partir de 80 km/h) e o indicador de mudança não estiver ativo, uma unidade de controlo recebe a informação e aciona um vibrador no banco do condutor, do lado correspondente à transposição (figura 24). [23]



Figura 24. Sistema de alerta de transposição involuntária de linha [23]

E. Faróis inteligentes

Um sistema que reforça a segurança, melhora a visibilidade e diminui a fadiga visual. São faróis direccionais de bi-xénon, regulados por uma unidade de controlo que garantem uma iluminação excelente em curvas e em estrada. Numa curva, o ângulo de iluminação (até um ângulo de 15° à direita e à esquerda) é determinado através da medição da velocidade e ângulo do volante. O controlo da intensidade de iluminação em estrada, é determinado através da velocidade do automóvel. Nos dias de elevada precipitação, a intensidade da iluminação do farol direito irá aumentar para o condutor ver melhor a berma da estrada e do farol esquerdo irá diminuir para diminuir o risco de encadeamento do outros condutores, isto é determinado por um sensor de chuva ou pela velocidade a que o limpa pára-brisas esteja a funcionar. O sistema auxiliar que comuta automaticamente de luzes médias para máximas, tem como objetivo aumentar a segurança durante a condução em lugares escuros, e é usado um sensor óptico integrado na base do retrovisor interior, que reconhece os faróis ou as luzes traseiras de outros automóveis (este sensor também poderá ser usado como sistema de anti encandeamento, reduzindo o brilho da luz dos faróis no retrovisor), passando novamente para os médios para evitar o encadeamento dos outros condutores. [24]

F. Sensor de ângulo morto

Com sensores de radar (figura 25), o sistema de deteção do ângulo morto é concebido para ver os automóveis no seu ângulo morto. Se o sensor detetar um carro no seu ângulo morto, irá alertar o condutor através de uma luz cor-de-laranja no espelho.



Figura 25. Sensor de ângulo morto do novo Ford Focus [25]

VI. CONCLUSÕES

Com este estudo, foi possível comprovar que o uso da eletrônica na indústria automóvel está, e continuará, a marcar uma grande presença no fabrico do automóvel.

Desta forma, consegue-se obter um automóvel mais autónomo e com grande capacidade de tomar decisões, nomeadamente, no que respeita a segurança, conforto e na rentabilidade, a nível de consumo e meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- [1] <http://blogdoprofessorcarlao.blogspot.com/2009/01/componentes-do-ar-condicionado-do-carro.html>
- [2] http://portal.iefp.pt/xeobd/attachfileu.jsp?look_parentBoui=18491096&att_display=n&att_download=y
- [3] http://www.bosch.pt/content/language1/html/734_4406.htm
- [4] <http://dc126.4shared.com/doc/eNWezntv/preview.html>
- [5] http://pt.wikipedia.org/wiki/Sensor_anticapotamento
- [6] <http://portalauto.com.br/manutencao/injecao-eletronica/>
- [7] http://www.fazerfacil.com.br/carros/injecao_3.htm
- [8] http://www.fazfacil.com.br/manutencao/carro_injecao6.html
- [9] http://www.romw.com.br/dica_12.htm
- [10] <http://www.webmecauto.com.br/electronica/imagens/sensortemperatura.jpg>
- [11] <http://www.carrosinfoco.com.br/carros/mecanica-automotiva/2011/10/injecao-eletronica-por-dentro-do-sensor-de-temperatura-do-motor/>
- [12] http://www.fazerfacil.com.br/carros/injecao_6.htm
- [13] <http://www.carrosinfoco.com.br/carros/mecanica-automotiva/2011/09/injecao-eletronica-tudo-sobre-sensor-map/>
- [14] <http://www.motorevista.com.br/Aulas/Aula26.html>
- [15] <http://sistemasautomotivos.blogspot.com/2009/01/sensor-de-fase-hall.html>
- [16] http://www.fazerfacil.com.br/carros/injecao_4.htm
- [17] <http://www.dellara.com.br/literatura.html>
- [18] <http://www.electro-sensors.com/documents/HE-950.pdf>
- [19] <http://www.monarchinstrument.com/product.php?ID=38>
- [20] <http://www.monarchinstrument.com/product.php?ID=40>
- [21] <http://carrocarro.com.br/2011/bancos-com-sensores-cardiacos-da-ford/>
- [22] <http://carros.hsw.uol.com.br/sistemas-de-protecao-sensiveis-peso1.htm>
- [23] <http://www.citroen.pt/tecnologias/#/tecnologias/>
- [24] http://www.testdrive.pt/comercio_e_industria/tecnica_detalhe.php?Id=4753
- [25] <http://www.ford.pt/VeiculosPassageiros/NovoFocus/tecnologia-full-extras/mdp=i1204984650184>