

Motores Térmicos

8° Semestre

4° ano

Aula 22 – Sensores e Actuadores - Tópicos

Introdução

Sensores

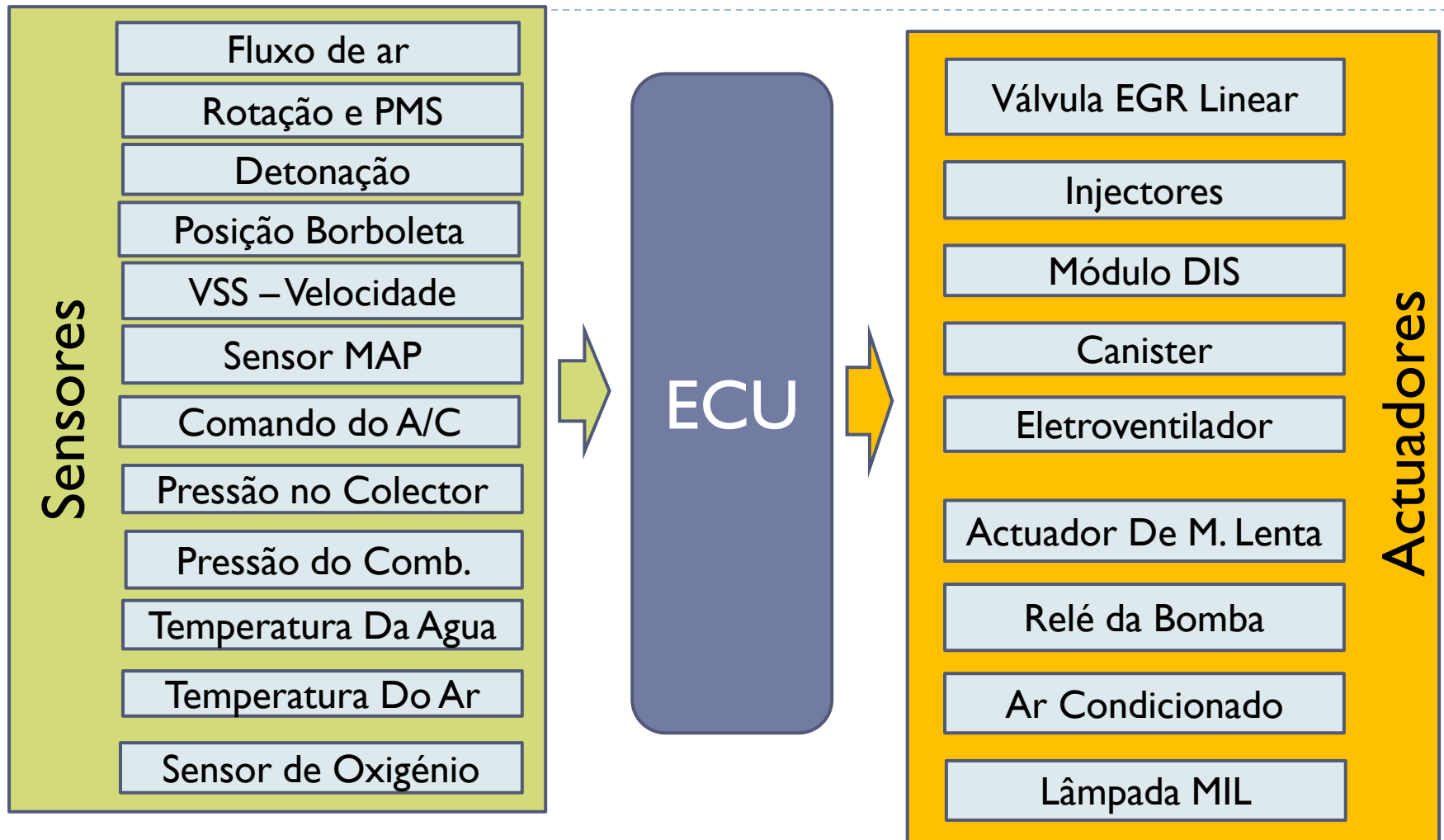
Actuadores

Gestão Electrónica do Motor

22.1 Introdução

Os módulos de controlo do motor recebem dados a partir de uma grande variedade de sensores analógicos e digitais e essa informação é usada para determinar os ajustes apropriados a fazer no motor. Os resultados dos cálculos efectuados, na base da informação recebida, são convertidos em parâmetros dos actuadores e tanto as saídas digitais como as analógicas do módulo, são usadas para operar estes actuadores. O diagrama seguinte ilustra alguns dos principais sensores e actuadores utilizados pelo módulo de controlo do motor.

Diagrama de Funcionamento



22.1 Introdução

De uma forma geral, o motor opera essencialmente com três parâmetros básicos para gerar combustão e torque, sendo eles: a massa de ar, a massa de combustível e a centelha eléctrica da vela de ignição (no caso do motor do ciclo Otto) ou a injeção de combustível (no motor do ciclo Diesel) no momento correcto.

O sistema de controle dos motores, independentemente de ser mecânico, electromecânico ou electrónico, deve ser capaz de estimar estes três parâmetros.

A unidade electrónica de controle deve receber informações sobre a condição real de operação do motor. Essas informações são colhidas através de sensores instalados no motor e enviadas para a unidade de controle (ECU).

22.1 Introdução

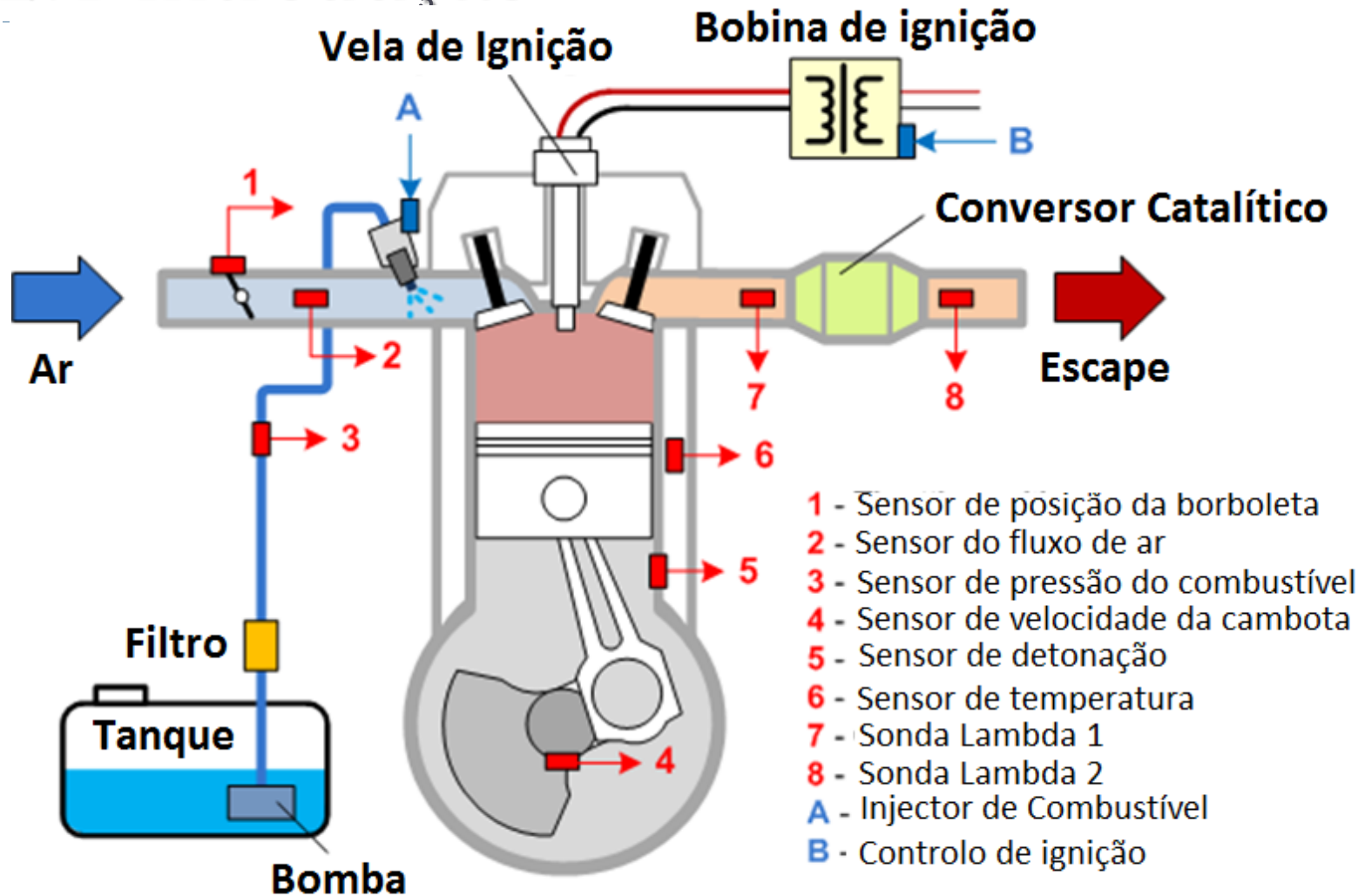
A ECU recebe os sinais dos sensores distribuídos pelo motor, fazendo um rápido processamento destas informações, seguindo os mapas de sua memória dispara os comandos para os diversos actuadores.



22.1 Introdução



22.1 Introdução



22.2 Sensores

Um sensor é um dispositivo que quando submetido a uma grandeza física, não eléctrica, apresenta uma característica de natureza eléctrica (ex: tensão, corrente ou impedância)

Os sensores automotivos são componentes que estão instalados em vários pontos do motor e servem para enviar informações para a unidade de controle electrónico (ECU).

Os sensores actuam na parte operacional como dispositivos de detecção, disponíveis nos modelos indutivo, capacitivo, de visão e ultra-sónico.

22.2.1 Sensores de Temperatura do Ar

Sensores de temperatura da carga de ar – *Air Charge Temperature Sensors (ACT)*

Sensores de temperatura do ar no colector – *Manifold Air Temperature Sensors (MAT)*

Sensores de temperatura do ar de admissão – *Intake Air Temperature Sensors (IAT)*

A função do sensor é informar à ECU (Electronic Control Unit — unidade electrónica de controlo do motor) qual é a temperatura do ar admitido pelo motor. Essa informação é muito importante porque: o ar frio é mais denso; o ar quente é menos denso. Logo, a quantidade de oxigénio disponível para a combustão varia com a temperatura..

Quando estes sensores avariam:

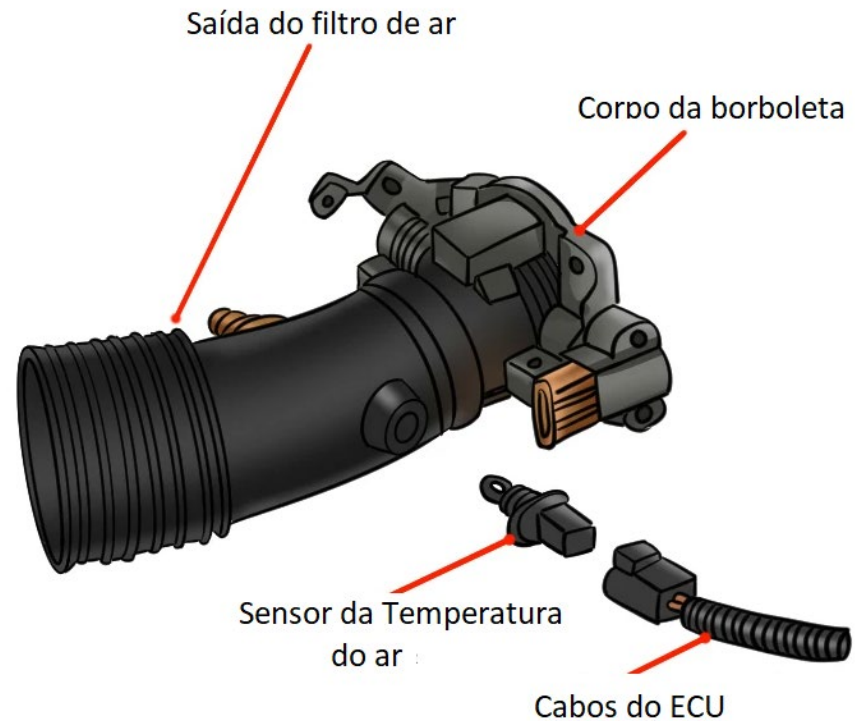
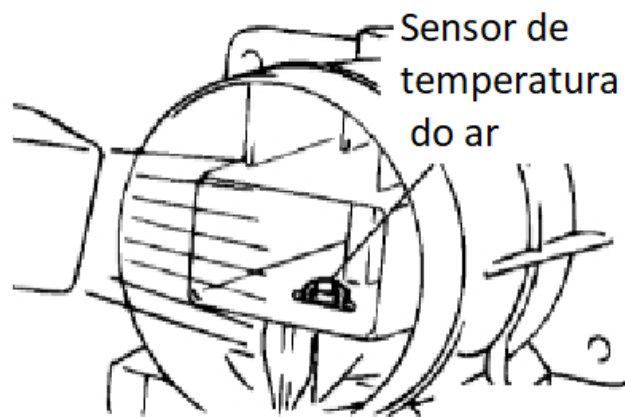


- ▶ O motor não pega;
- ▶ Acontece o encharcamento do motor;
- ▶ Existe um consumo excessivo de combustível;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica constantemente ligado.

O serviço de manutenção recomendado:

Deve ser realizada a cada 40.000 a 55.000 km a limpeza ou substituição dos sensores que não estejam a funcionar.

22.2.1 Sensores de Temperatura do Ar



22.2.2 Sensores de posição da Árvore de Cames

Sensores de posição da árvore de cames - *Camshaft Position Sensors (CMP)*

Este sensor determina a posição do comando de válvulas e passa a informação à unidade de controle electrónico (ECU). Com a identificação da posição do comando de válvulas, e em conjunto com as informações do sensor de rotação e PMS, a ECU verifica assim o sincronismo do motor.

Quando estes sensores avariam:

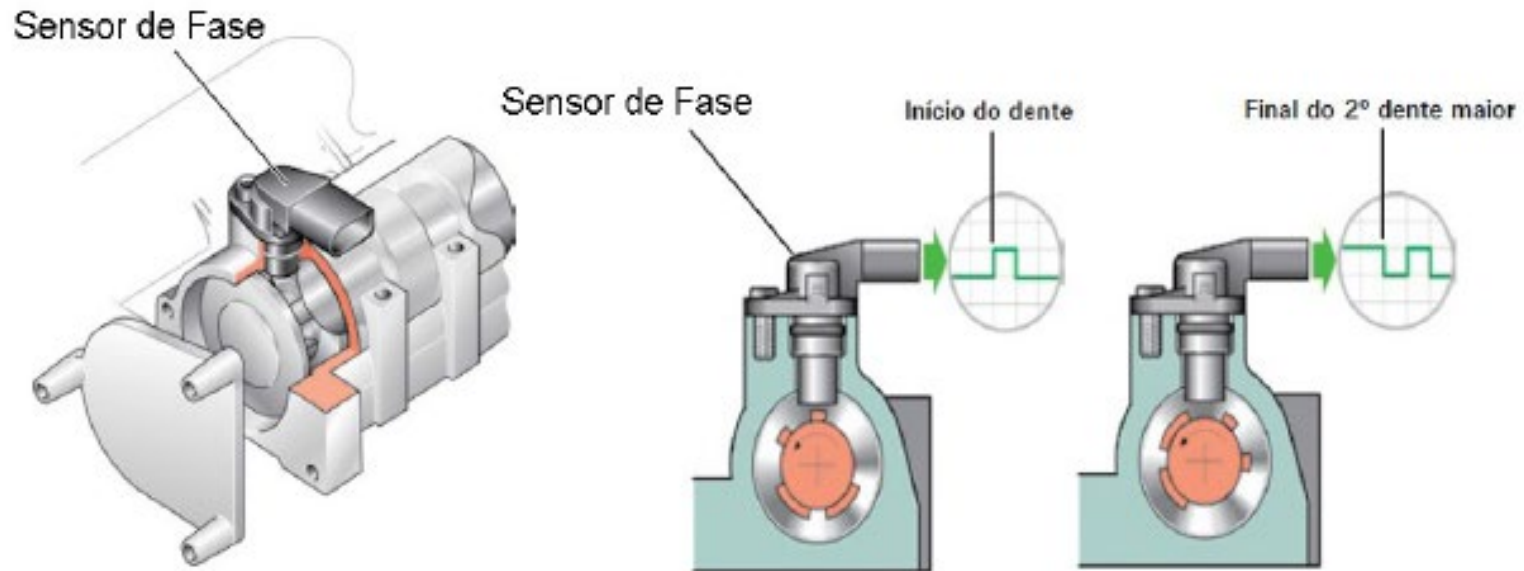
- ▶ O indicador *Check Engine* fica constantemente ligado;
- ▶ É difícil o arranque do motor;
- ▶ Pouca dirigibilidade do veículo.



O serviço de manutenção recomendado:

Não há serviço regular. Os sensores devem ser substituídos caso ocorra falha.

22.2.2 Sensores de posição da Árvore de cames



22.2.3 Sensores de posição da Cambota

Sensores de posição da cambota - *Crankshaft Position Sensors (CKP)*

O sensor de rotação e PMS tem por finalidade determinar e informar à Unidade de Comando Electrónica (ECU), a velocidade de rotação do motor e o PMS (Ponto Morto Superior) dos cilindros 1 e 4 e também dos cilindros 2 e 3. Este sensor é um dos mais importantes para o sistema de injeção electrónica.

Quando estes sensores avariam:

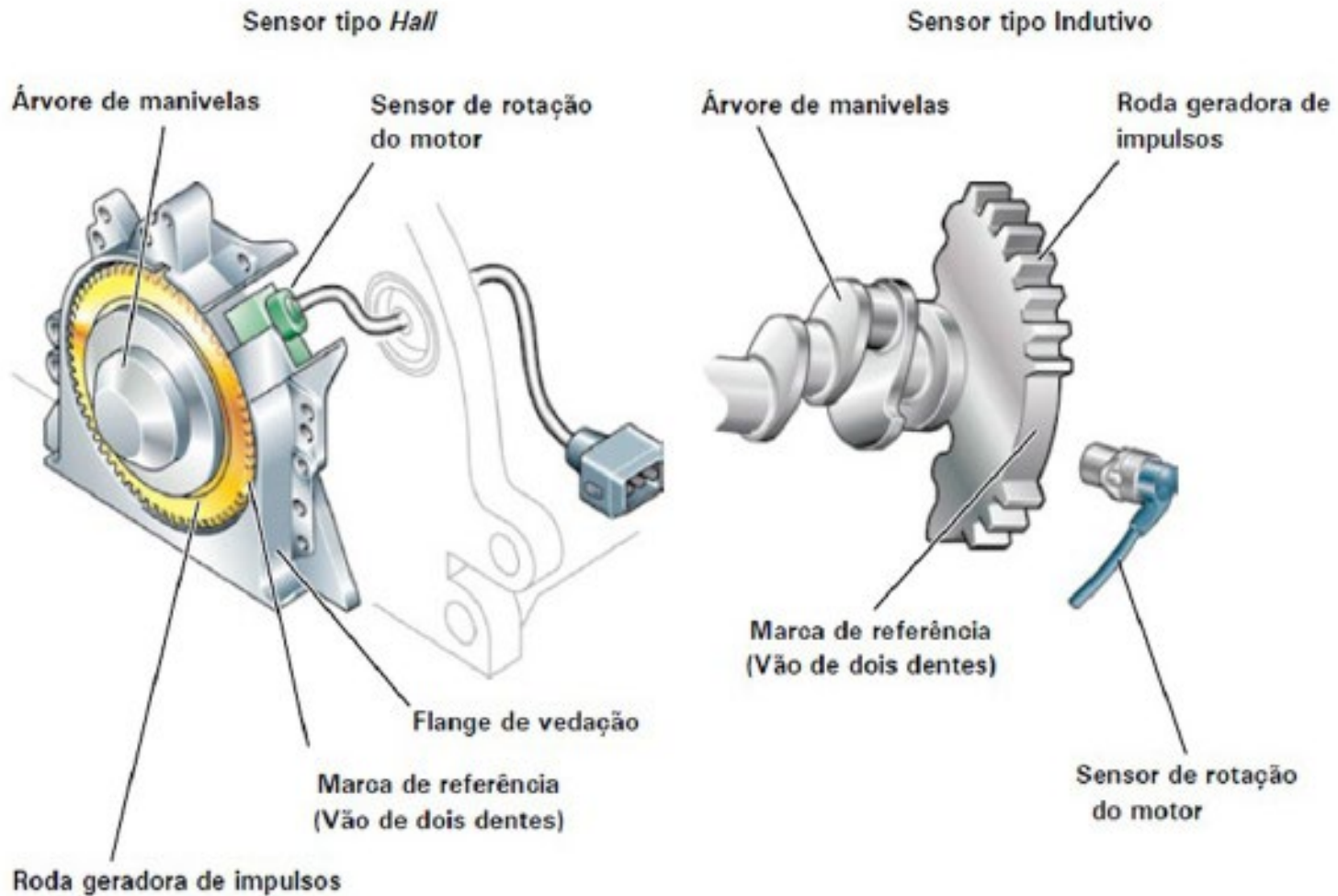
- ▶ O indicador *Check Engine* fica constantemente ligado;
- ▶ É difícil o arranque do motor;
- ▶ Pouca dirigibilidade do veículo.



O serviço de manutenção recomendado:

Não há serviço regular. Os sensores devem ser substituídos caso ocorra falha.

22.2.3 Sensores de posição da Cambota



22.2.4 Sensores de temperatura do líquido refrigerante do motor

Sensores de temperatura do líquido refrigerante do motor - *Engine Coolant Temperature Sensors (ECT)*

Estes sensores medem a temperatura do líquido refrigerante através da alteração da sua resistência e enviam essa informação à unidade de controle electrónica. O computador usa este e outros dados para calcular a quantidade correcta de combustível a fornecer.

Quando estes sensores avariam:

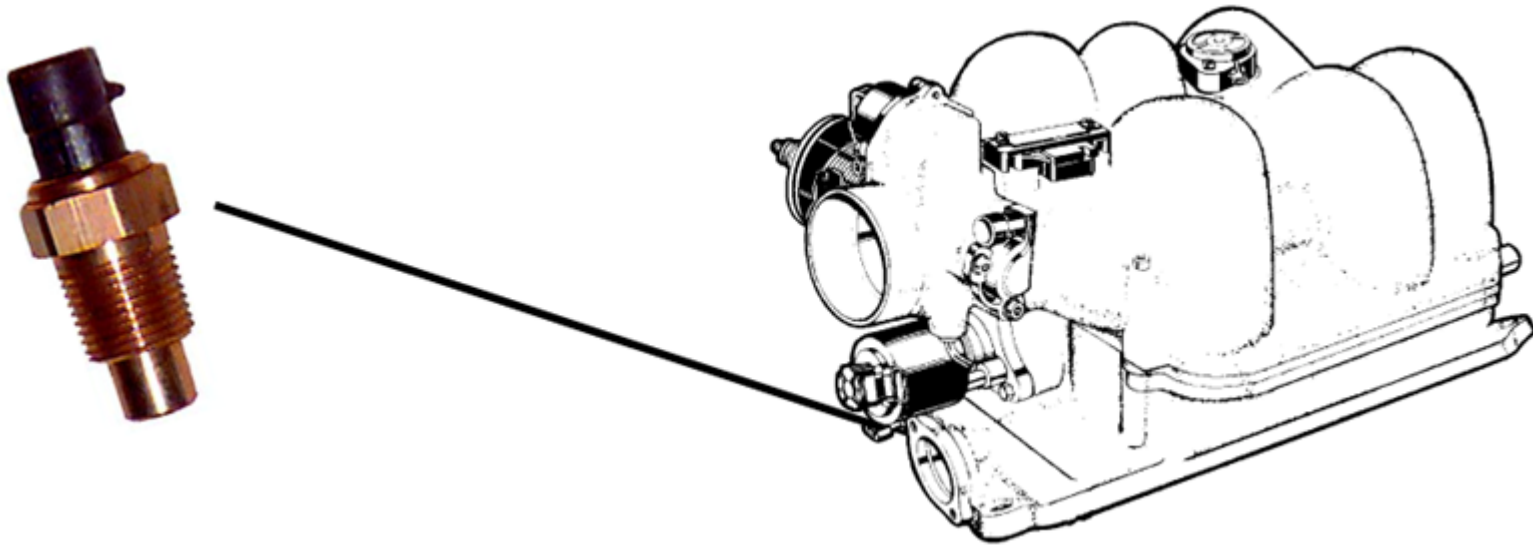
- ▶ O motor não pega;
- ▶ Acontece o encharcamento do motor;
- ▶ Há consumo excessivo de combustível;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica constantemente ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

A cada 40.000 a 55.000 km deve ser realizada a limpeza ou substituição dos sensores que não funcionarem.

22.2.4 Sensores de temperatura do líquido refrigerante do motor



22.2.5 Sensores do EGR

Recirculação sónica dos gases de escape - *Sonic Exhaust Gas Recirculation (EGR)*
Sensores de posição da Válvula - *Valve Position Sensors (EVP)*

Estes sensores monitoram a posição da válvula EGR (retorno dos gases de escape) através do envio de tensões diferentes à unidade de controlo electrónica (ECU). A ECU usa essa informação e de outros sensores para determinar a quantidade correcta de gás de escape a reintroduzir na combustão para controlar adequadamente as emissões.

Quando estes sensores avariam:

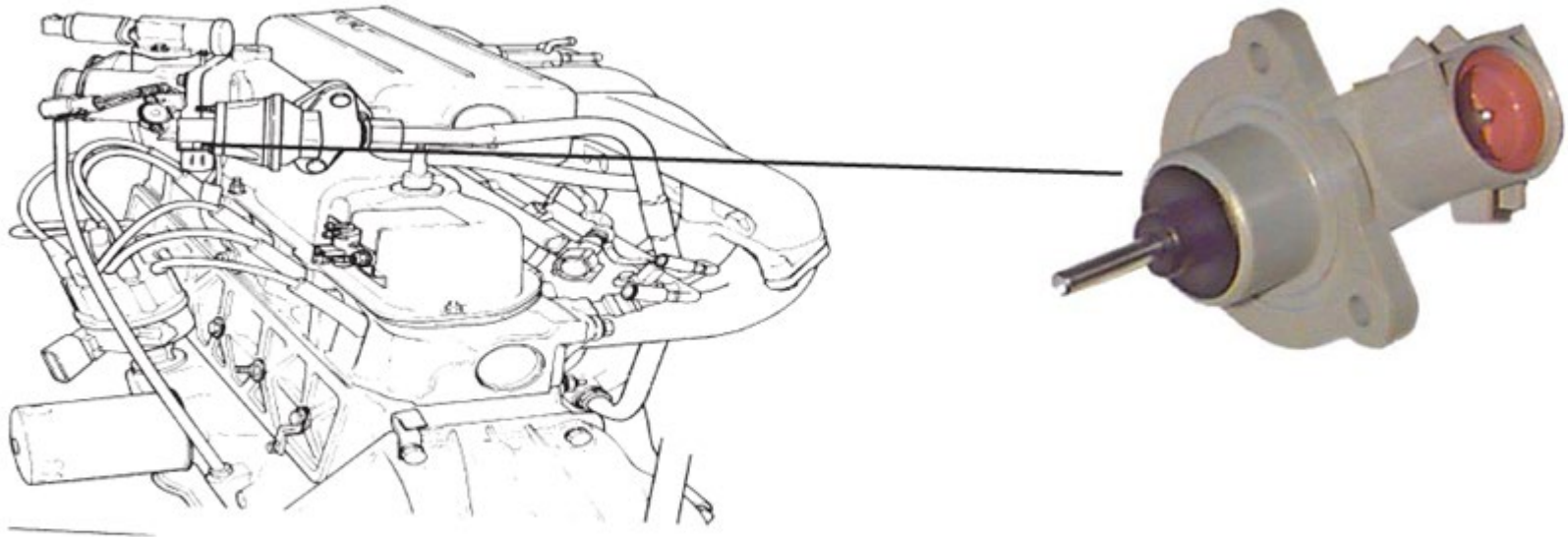
- ▶ Acontecem detonações no motor;
- ▶ Surge aceleração repentina;
- ▶ O motor tem deficiente funcionamento em marcha lenta;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado.

O serviço de manutenção recomendado:



Verifique se o funcionamento é adequado com o respectivo equipamento de teste. Substituir quando os códigos indicarem falha.

22.2.5 Sensores do EGR



22.2.6 Sensores de pressão da válvula EGR

Sensores de pressão de válvulas de recirculação de gás de escape - *Exhaust Gas Recirculation Valve Pressure Sensors (EVPS)*

Este sensor monitora a pressão do sistema de exaustão através do envio de tensões diferentes para a unidade de controle electrónico (ECU). A unidade de controle electrónico (ECU) usa essa entrada e informações de outros sensores para determinar a quantidade correcta de gás de escape necessária para controlar adequadamente as emissões.

Quando estes sensores avariam:

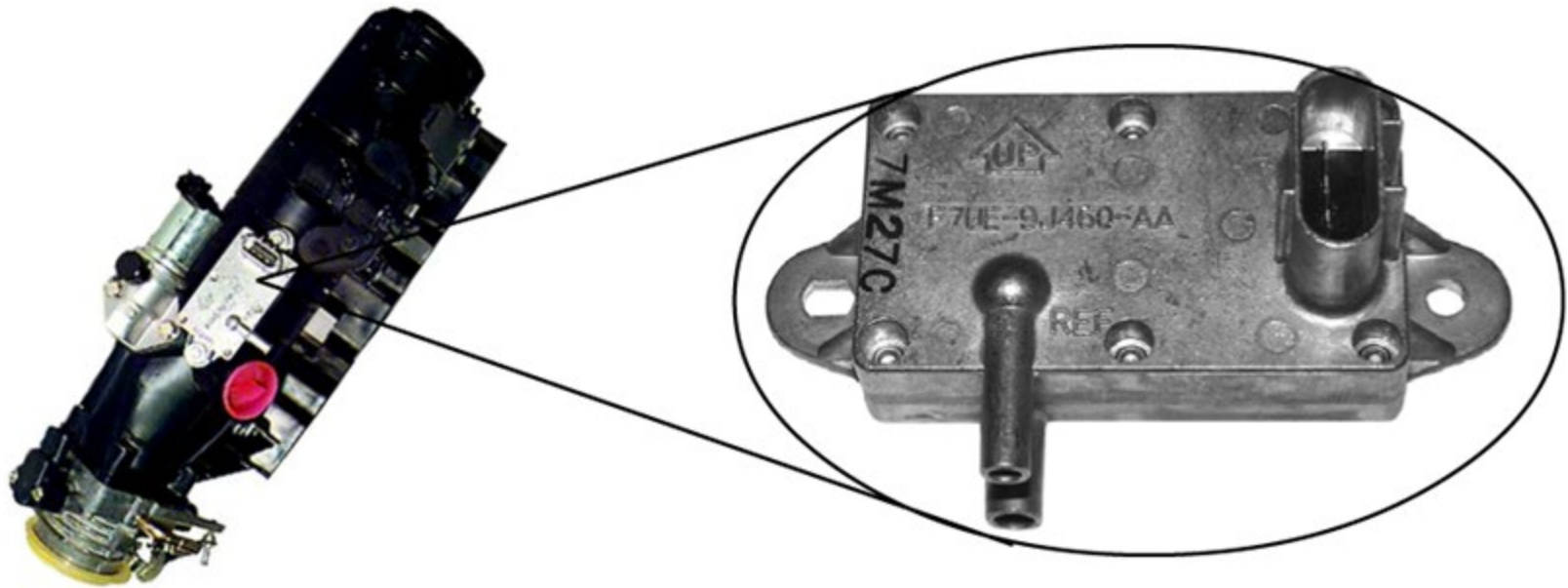
- ▶ Acontecem detonações no motor;
- ▶ Surge aceleração repentina;
- ▶ O motor tem deficiente funcionamento em marcha lenta;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Verificar se o funcionamento é adequado, com o respectivo equipamento de teste. Substituir se os códigos indicarem falha.

22.2.6 Sensores de pressão da válvula EGR



22.2.7 Sensores de detonação

Sensores de detonação - Knock Sensors (KS)

Estes sensores detectam as vibrações do bloco do motor causadas por detonação durante a combustão no motor e enviam um sinal para o computador para este retardar o ponto de ignição.

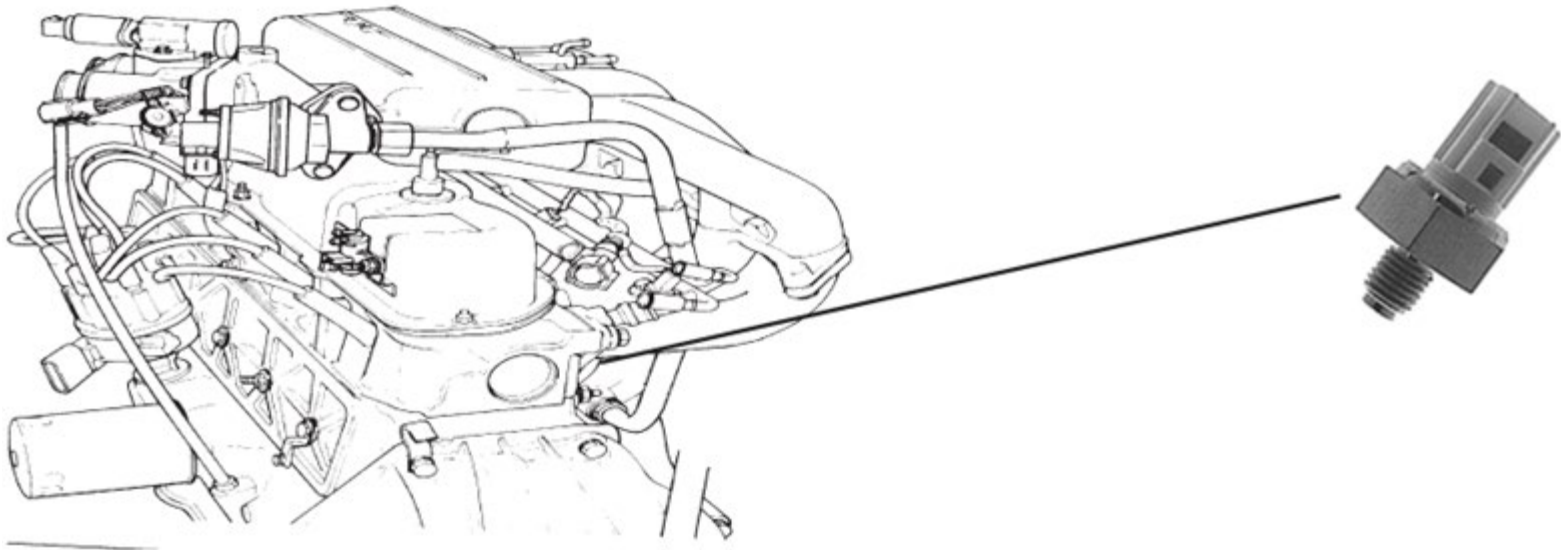
Quando estes sensores avariaram:

- ▶ Surgem detonações no motor;
- ▶ O motor perde potência.

O serviço de manutenção recomendado:

Verificar a conexão e o sinal do sensor de detonação do motor quando surgem detonações ou ruídos.

22.2.7 Sensores de detonação



22.2.8 Sensores de pressão no colector

Sensores de pressão absoluta do colector - *Manifold Absolute Pressure Sensors (MAP)*

Sensores de pressão diferencial do colector- *Manifold Differential Pressure Sensors (MDP)*

Sensores de pressão barométrica - *Barometric Pressure Sensors (BPS)*

As medições de pressão absoluta pelo MAP e as medições de pressão barométrica pelo BPS, através da alteração da tensão são enviadas à unidade de controle electrónico (ECU). O computador usa esta e outras informações para calcular a quantidade correcta de combustível a fornecer respeitando o RAC.

Quando estes sensores avariam:

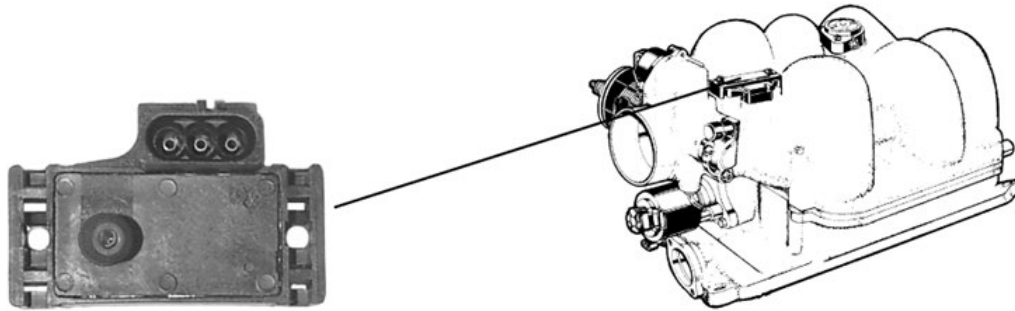
- ▶ Torna-se difícil a partida;
- ▶ Surgem detonações;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado;



O serviço de manutenção recomendado:

Os sensores não são reparáveis. Substitui-se os sensores quando estes não funcionam.

22.2.8 Sensores de pressão no colector



Sensores de pressão absoluta do colector (*MAP*)



Sensores de pressão diferencial do colector (*MDP*)

22.2.9 Sensores de fluxo de massa ar

Sensores de fluxo de massa ar - *Mass Air Flow Sensors (MAF)*

Anemómetro de fio quente ou de fio quente

Estes sensores medem a quantidade de ar por meio de peso através da mudança de tensões ou frequências e enviam essa informação para a unidade de controle electrónico (ECU). O computador usa esta e outras informações para calcular a quantidade correcta de combustível a fornecer.

Quando estes sensores avariam:

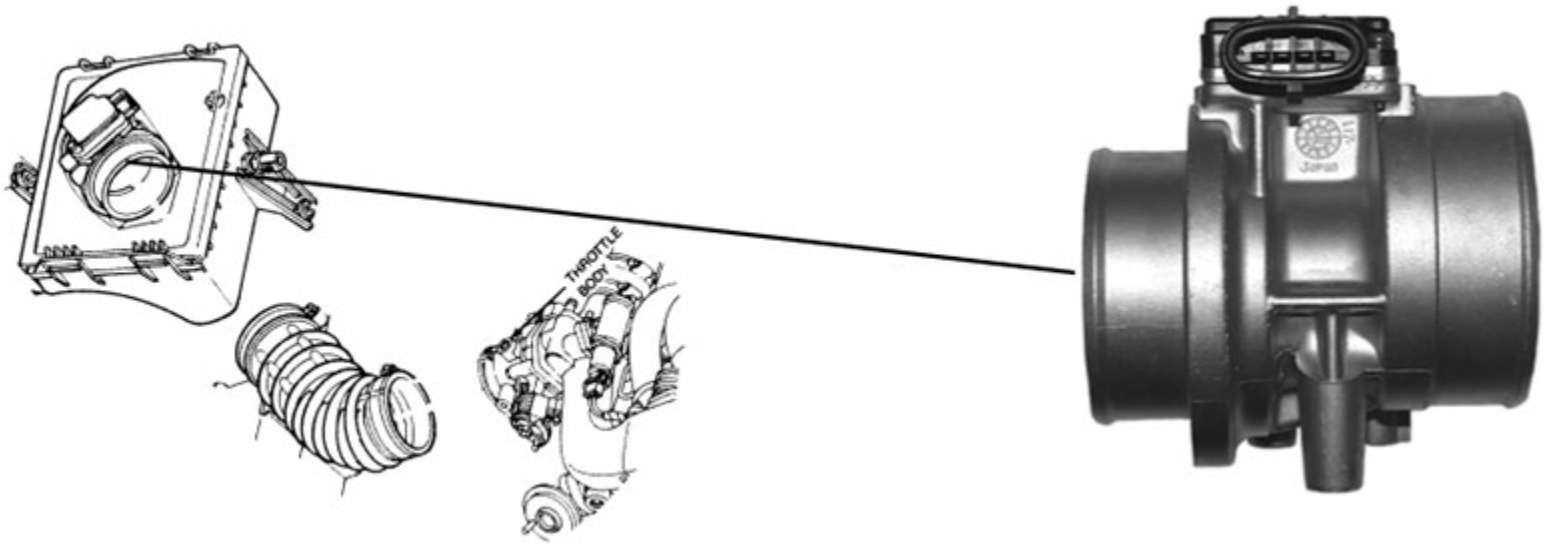
- ▶ Partida deficiente;
- ▶ Acontece a variação das rotações do motor sob carga e aceleração constantes;
- ▶ O motor para;
- ▶ O Indicador *Check Engine* fica sempre ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Os sensores não são reparáveis. Substitui-se os sensores quando estes não funcionam.

22.2.9 Sensores de fluxo de massa ar



22.2.10 Interruptor do Indicador de temperatura

Interruptor do Indicador de temperatura - *Temperature Indicator Switch (TIS)*

Este sensor controla a luz de temperatura ou o indicador no painel de instrumentos.

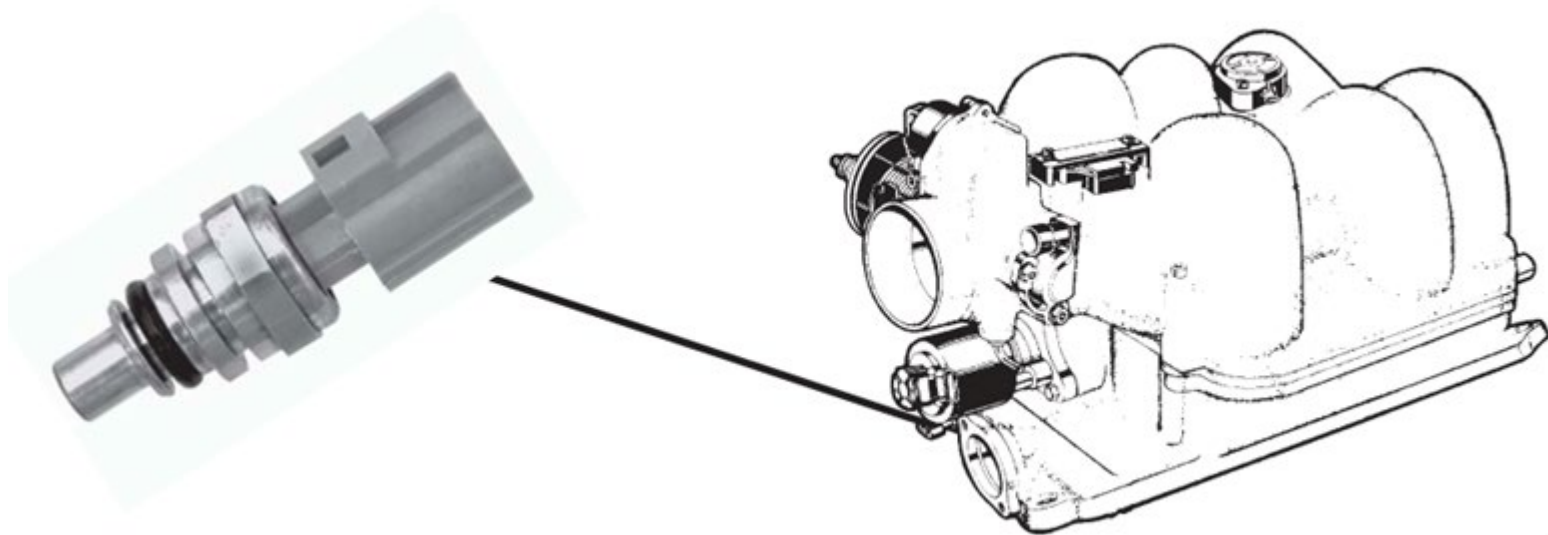
Quando estes sensores avariam:

- ▶ Existe fugas de líquido refrigerante do motor pelo interruptor;
- ▶ Há Indicação incorrecta de temperatura no painel de instrumentos;
- ▶ Há falha de ligação da luz de temperatura do líquido de arrefecimento quando este está a alta temperatura.

O serviço de manutenção recomendado:

Verificar as ligações eléctricas, substituir o interruptor se estiver defeituoso.

22.2.10 Interruptor do Indicador de temperatura



22.2.11 Sensor de posição angular da válvula borboleta

Sensores de posição da borboleta do acelerador - *Throttle Position Sensors (TPS)*

O sensor de posição angular da válvula borboleta, é utilizado para indicar o ângulo de abertura da válvula de borboleta. Este sensor é constituído por um potenciómetro fixado no eixo da válvula de borboleta e altera sua resistência eléctrica proporcionalmente à variação angular da borboleta e envia essa informação à unidade de controle electrónico (ECU). O computador usa esta e outras informações para calcular a quantidade correcta de combustível a fornecer.

Por razões de segurança, empregam-se dois sensores, que são potenciómetros variáveis. Os contactos dos cursores estão situados na engrenagem solidária com o eixo da válvula de borboleta

Quando estes sensores avariam:

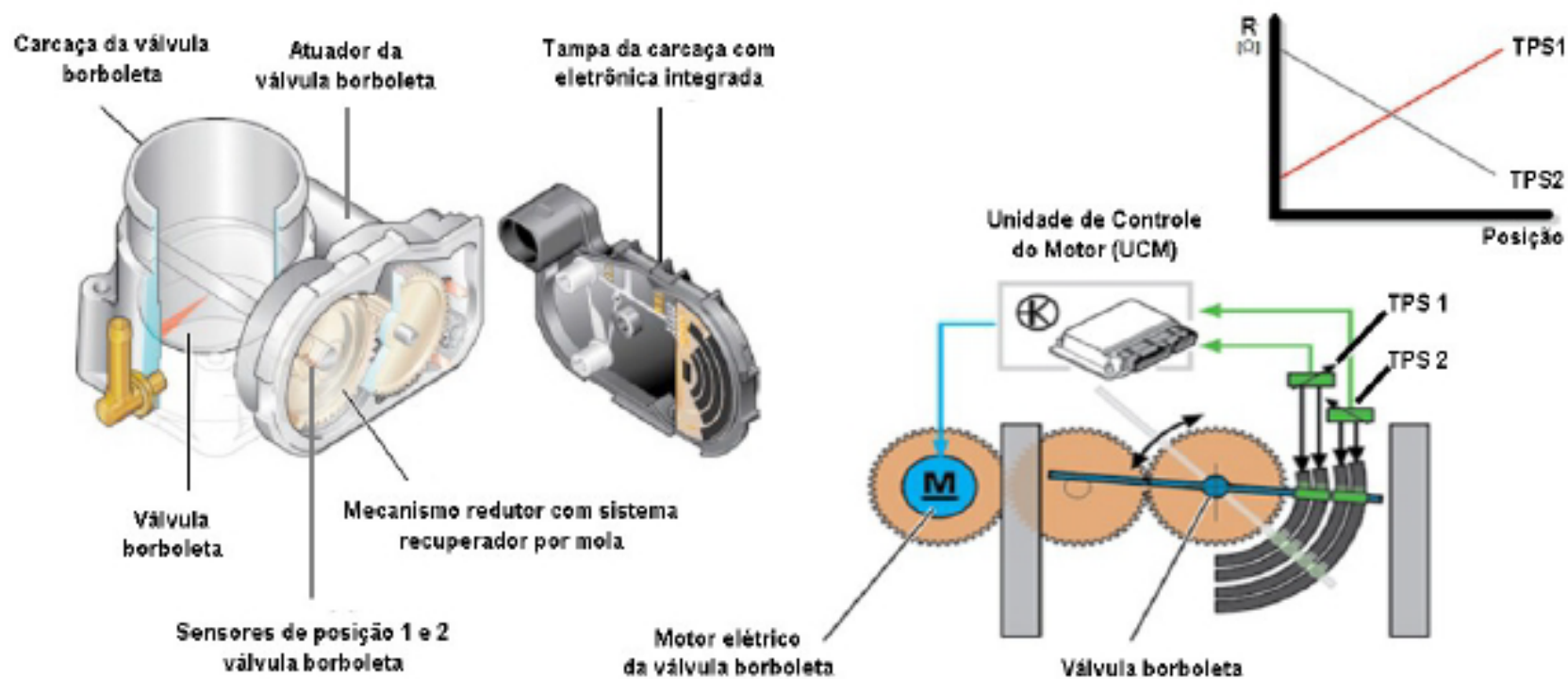
- ▶ Partida deficiente;
- ▶ Acontece uma variação errada da transmissão automática;
- ▶ O motor soluça;
- ▶ O motor para;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Não há serviço regular de sensores TPS. Os sensores não são reparáveis. Substitui-se quando ocorre falha.

22.2.11 Sensor de posição angular da válvula borboleta



22.2.12 Sensores de posição do pedal do acelerador

Sensores de posição do pedal do acelerador - *Accelerator Pedal Position (APP) Sensor*

Antigamente, o controle da válvula borboleta era efectuado através do pedal do acelerador. O accionamento era mecânico, através de um cabo de aço. Actualmente, esse sistema é eléctrico, ou seja, a posição da válvula borboleta é regulada por um motor eléctrico de corrente contínua. Nesse sistema, o pedal do acelerador passou a ter um sensor de posição e conforme o condutor pisa no pedal do acelerador sua posição é detectada pela ECU, que utiliza esse sinal como referência para determinar o torque do motor. A vantagem em utilizar o pedal como sensor é permitir que ECU defina a posição da válvula borboleta em função da determinação do condutor, mas atendendo também à dinâmica de enchimento do motor e às exigências de controle das emissões, consumo e segurança.

Quando estes sensores avariaram:

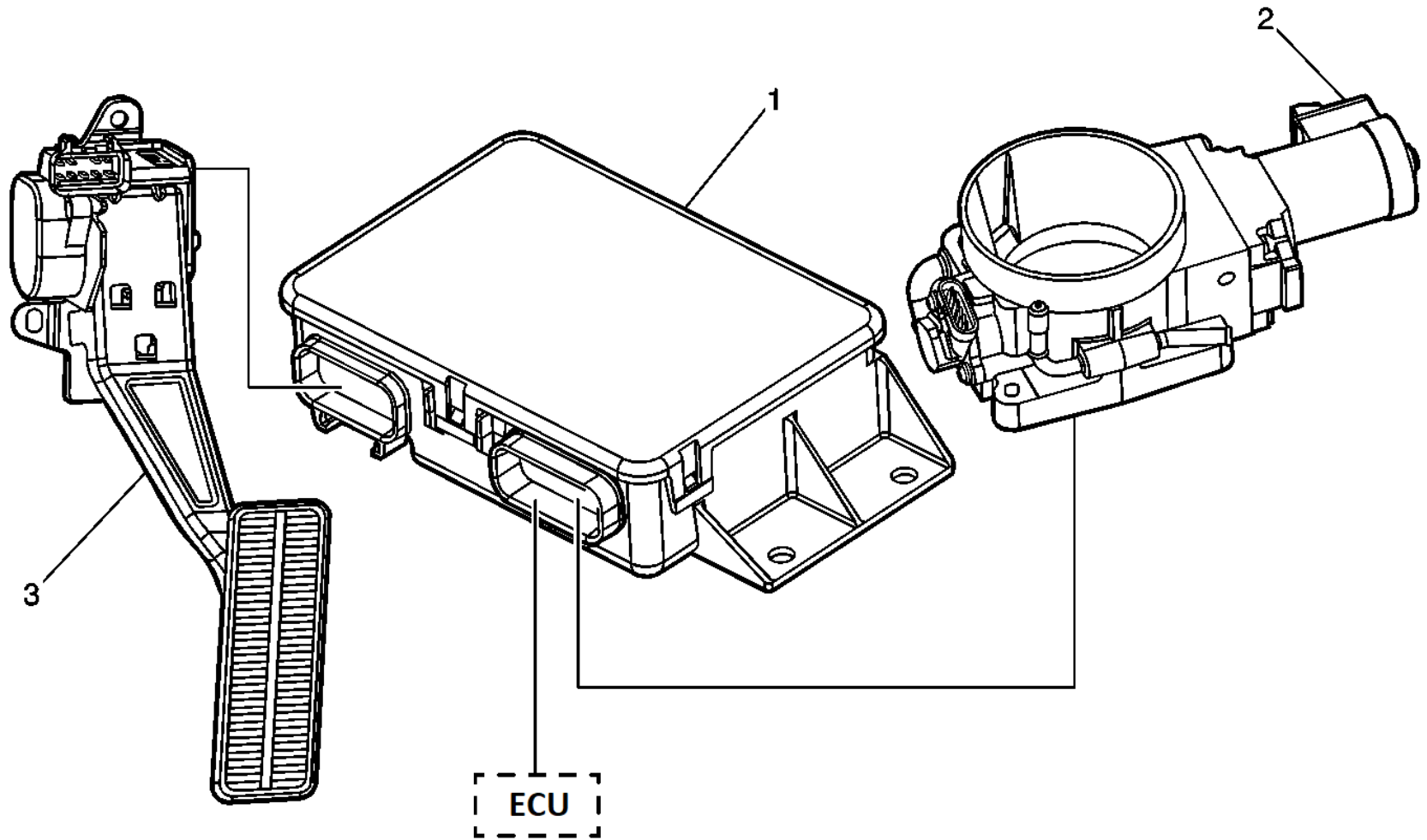
- ▶ Partida deficiente;
- ▶ Acontece uma variação errada da transmissão automática;
- ▶ O motor soluça;
- ▶ O motor não obedece à vontade do condutor;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Não há serviço regular de sensores TPS. Os sensores não são reparáveis. Substitui-se quando ocorre falha.

22.2.12 Sensores de posição do pedal do acelerador



22.2.13 Sensor de velocidade do veículo

Sensor de velocidade do veículo - *Vehicle Speed Sensor (VSS)*

Este sensor envia pulsos eléctricos para o computador, pulsos que são gerados através de um íman que gira numa bobina sensor. Quando a velocidade do veículo aumenta, a frequência do pulso também aumenta.

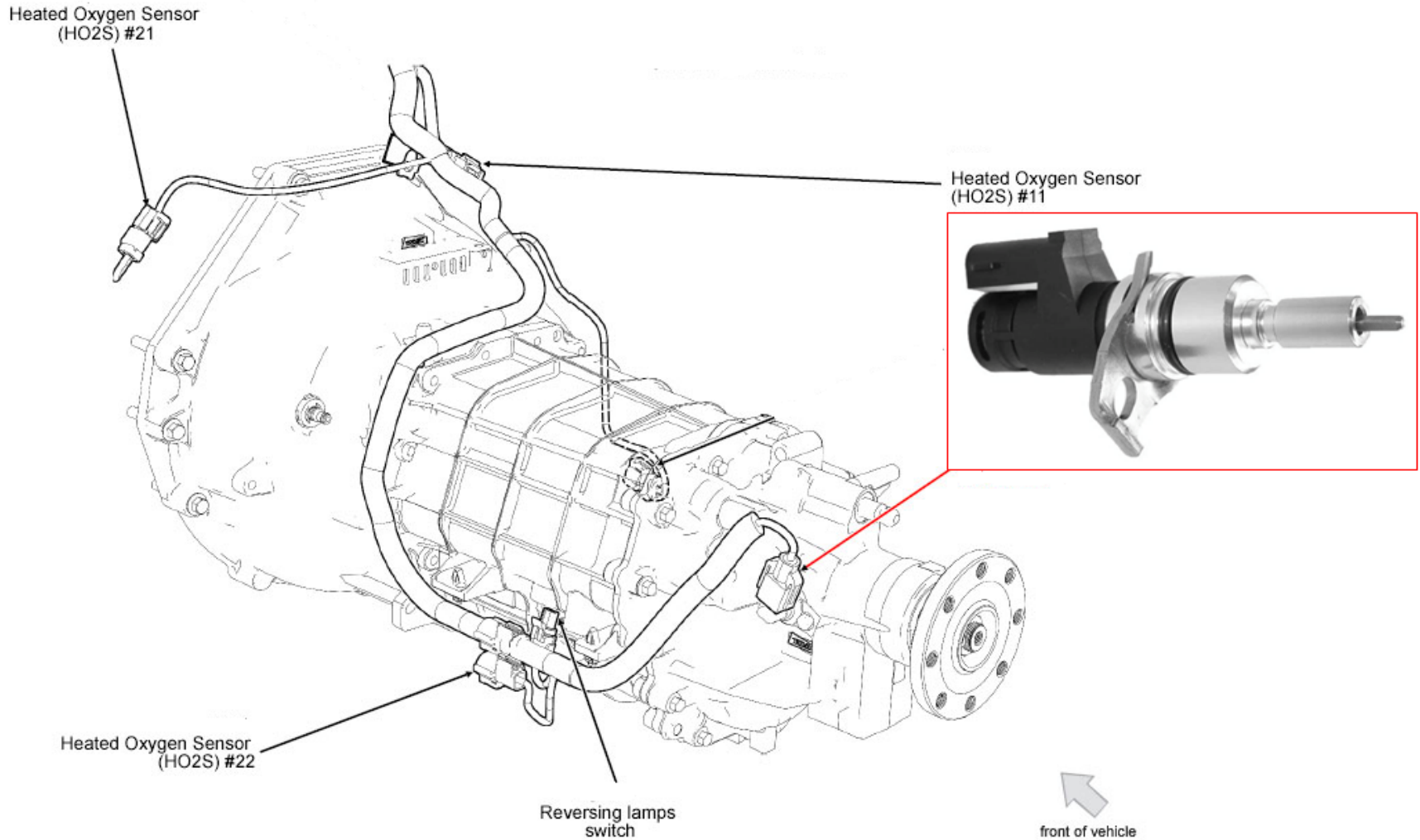
Quando estes sensores avariam :

- ▶ Surgem soluços no motor;
- ▶ Acontece uma variação brusca da velocidade do motor;
- ▶ Mudança de marcha imprópria (para automóveis com transmissão automática);
- ▶ Perde-se o controlo da velocidade de cruzeiro;
- ▶ Perde-se a indicação da velocidade no velocímetro.

O serviço de manutenção recomendado:

Verificar se as ligações estão correctas no circuito de saída do sinal.

22.2.13 Sensor de velocidade do veículo



22.3 Actuadores

Um actuador é um dispositivo conversor de energia, mas ao contrário dos sensores eles convertem energia eléctrica em não eléctrica.

Os actuadores automotivos são todos os componentes do sistema de controle responsáveis por gerar uma acção sobre o motor, a partir de um sinal de controle. De forma contrária aos sensores, os actuadores recebem da unidade de controle comandos para actuar sobre o motor de maneira a adequá-lo às condições desejadas de torque, potência e consumo.

Os actuadores são os elementos finais de um controle, actuando sobre uma variação do processo em resposta ao comando recebido.

22.3.1 Válvulas Bypass de ar do Acelerador

Válvulas Bypass de ar do Acelerador - *Throttle Air Bypass Valves (TABPV)*

São solenóides controlados pela unidade de controle electrónico (ECU). O solenóide move o espigão para dentro e para fora, numa abertura que contorna a borboleta do acelerador. Isto permite que o computador controle com precisão a velocidade da marcha lenta quando diversas cargas são aplicadas ao motor.

Quando estes actuadores avariarem:

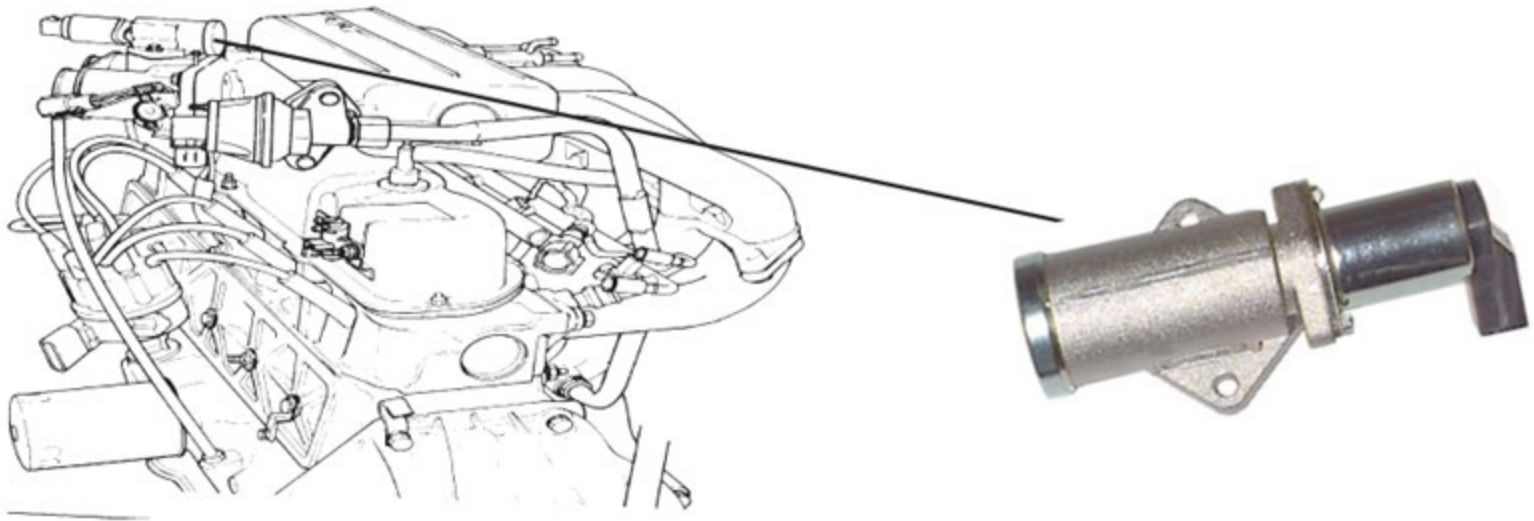
- ▶ O motor vai-se abaixo;
- ▶ Existe uma constante variação das rotações do motor sob carga e aceleração;
- ▶ Deficiente funcionamento em marcha lenta;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica constantemente ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Um serviço deve ser realizado a cada 40.000 a 55.000 km e consiste na limpeza ou substituição das válvulas que não funcionem.

22.3.1 Válvulas Bypass de ar do Acelerador



22.3.2 Reguladores de pressão de combustível

Reguladores de pressão de combustível - *Fuel Pressure Regulators (FPR)*

Este actuador mantém a pressão correcta na régua comum de combustível para o bom fornecimento de combustível ao injector.

Quando estes actuadores avariam:

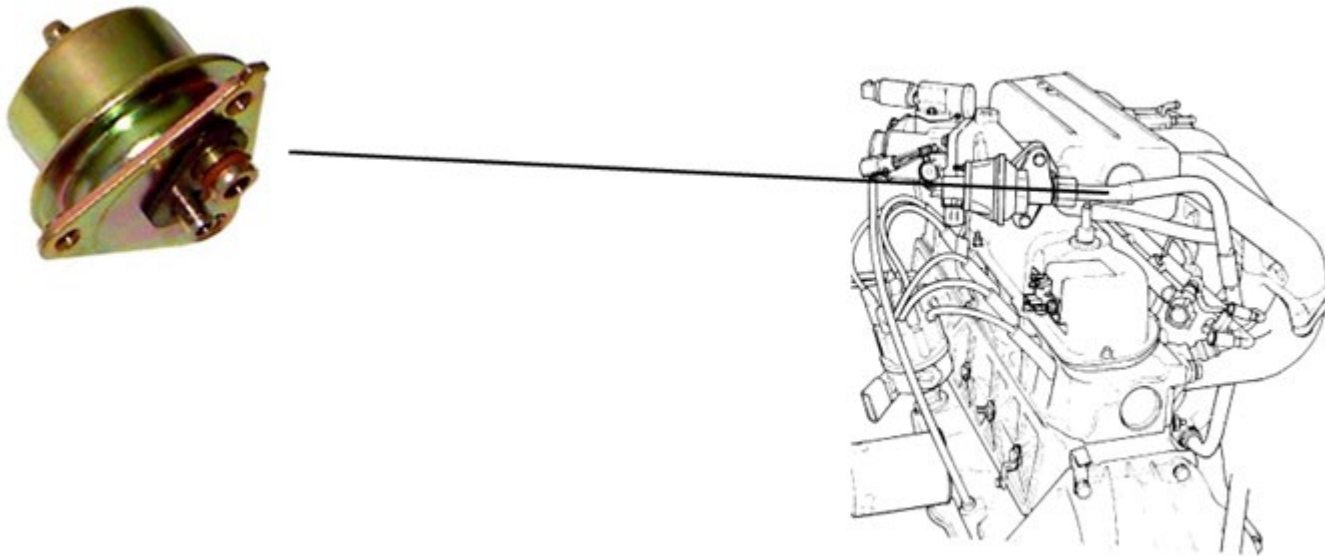
- ▶ *O arranque do motor torna-se difícil;*
- ▶ *Há variação das rotações do motor sob carga e aceleração constantes;*
- ▶ *O Indicador Check Engine fica sempre ligado.*



O serviço de manutenção recomendado:

Não há serviço regular recomendado para reguladores de pressão de combustível. Os reguladores não são reparáveis. Substitui-se quando ocorrer falha.

22.3.2 Reguladores de pressão de combustível



22.3.3 Motores de controle de marcha lenta

Motores de controle de marcha lenta - *Idle Speed Control Motors (ISC)*

É um motor de Corrente Contínua controlado pela unidade de controle electrónico (ECU). O computador acciona o motor para mover o pino para dentro e para fora para posicionar a borboleta de aceleração para diferentes cargas do motor mantendo assim marcha lenta correcta.

Quando estes actuadores avariam:

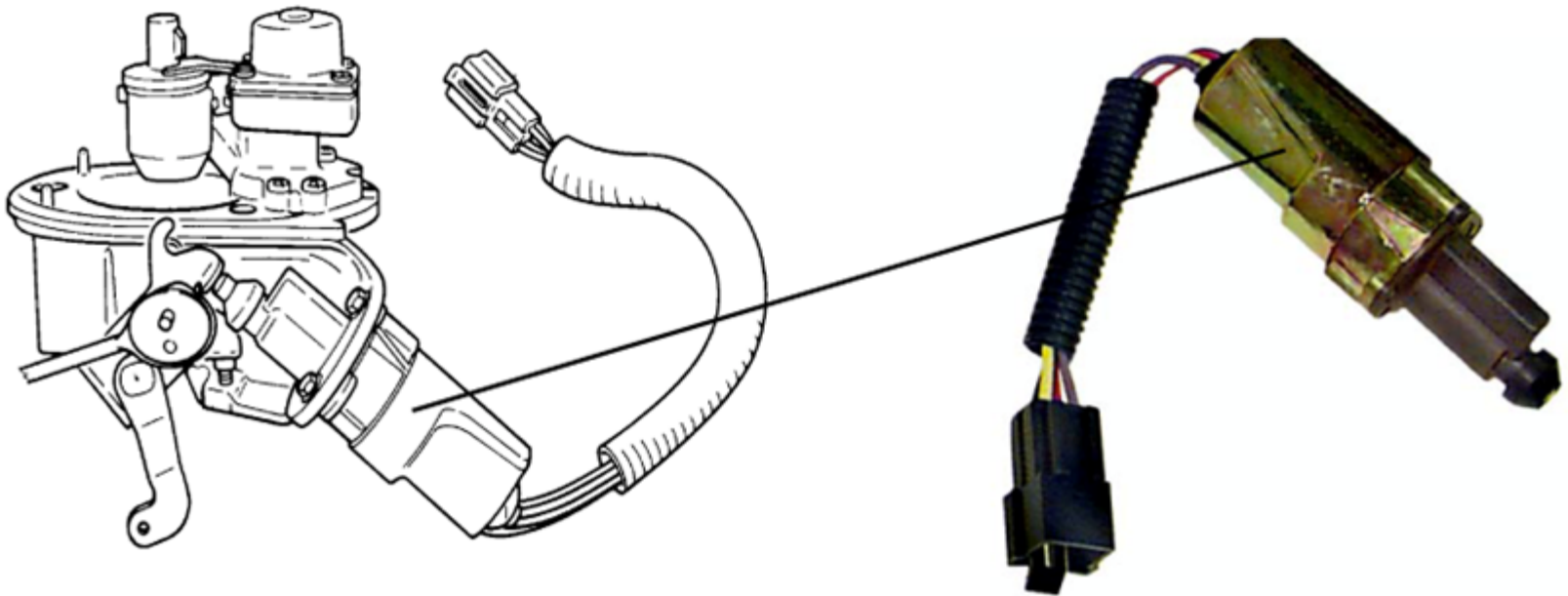
- ▶ O motor vai-se abaixo;
- ▶ Há variação das rotações do motor sob carga e aceleração constantes;
- ▶ Deficiente funcionamento em marcha lenta;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Verificar se o funcionamento é adequado com o equipamento de teste. Substituir quando os códigos de problemas indicarem falha ou se o motor já não estiver operacional.

22.3.3 Motores de controle de marcha lenta



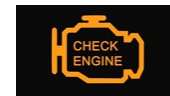
22.3.4 Motores de Controle de Ar da marcha lenta

Motores de Controle de Ar da marcha lenta - *Idle Air Control Motors (IAC)*

É um motor de passo controlado pela unidade de controle electrónico (ECU). O computador move o espigão para dentro e para fora de uma abertura que contorna a borboleta do acelerador. Isto permite o computador controlar com precisão a velocidade de marcha lenta sob diversas cargas do motor.

Quando estes actuadores avariaram:

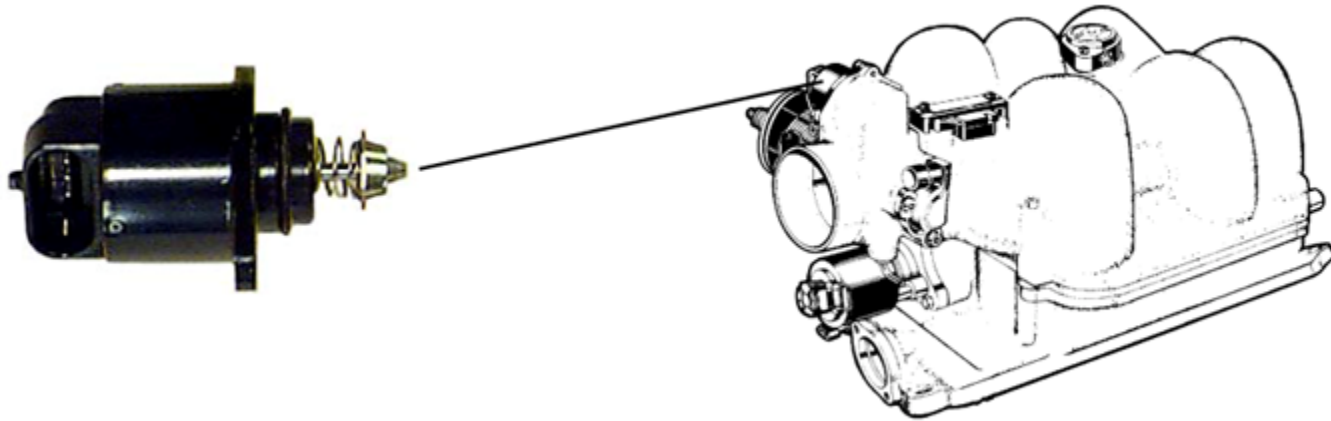
- ▶ O motor vai-se abaixo;
- ▶ Há variação das rotações do motor sob carga e aceleração constantes;
- ▶ Deficiente funcionamento em marcha lenta;
- ▶ O Indicador *Check Engine* fica sempre ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Verificar se o funcionamento é adequado com o respectivo equipamento de teste. Substituir se os códigos indicarem falha.

22.3.4 Motores de Controle de Ar da marcha lenta



22.3.5 Injectores de combustível do corpo de borboleta

Injectores de combustível do corpo de borboleta - *Throttle Body Fuel Injectors (TBI)*

Os injectores de combustível do corpo de borboleta são controlados pela unidade de controle electrónico (ECU) O módulo de injeção detecta através do sensor de temperatura do líquido de arrefecimento quando a temperatura está abaixo de 18°C e acciona a bomba eléctrica de injeção de gasolina, injectando assim uma quantidade extra de combustível no colector de admissão.

Quando estes actuadores avariam :

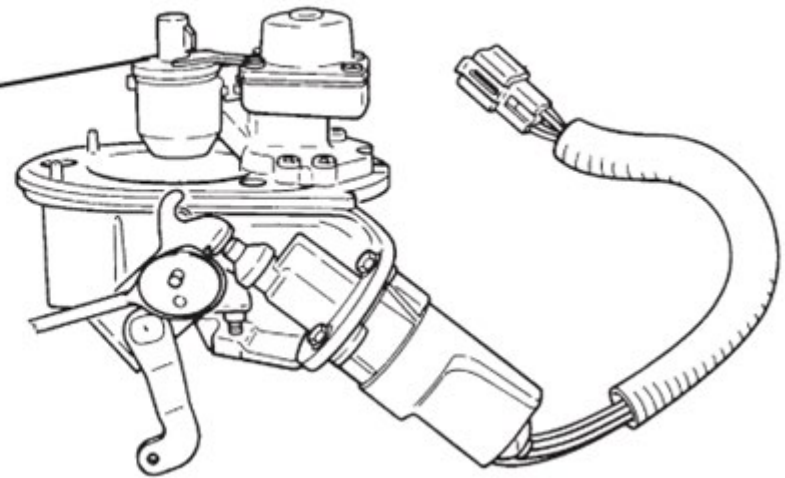
- ▶ A partida torna-se difícil;
- ▶ Há oscilação da velocidade de funcionamento do motor;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado.

O serviço de manutenção recomendado:



Deve ser realizada a cada 40.000 a 55.000 km e consiste na limpeza ou substituição dos vedantes ou do próprio injector.

22.3.5 Injetores de combustível do corpo de borboleta



22.3.6 Actuador válvula (EGR)

Actuador válvula de Recirculação de Gases – Exhaust Gas Recirculation **(EGR)**

Permite a circulação de uma parte dos gases de escape para à mistura admitida nos cilindros.

Isto proporciona a diminuição da pressão efectiva, ou seja, resulta na diminuição da temperatura na câmara de combustão e com isto, a diminui a formação de NO_x.

Quando estes actuadores avariam :

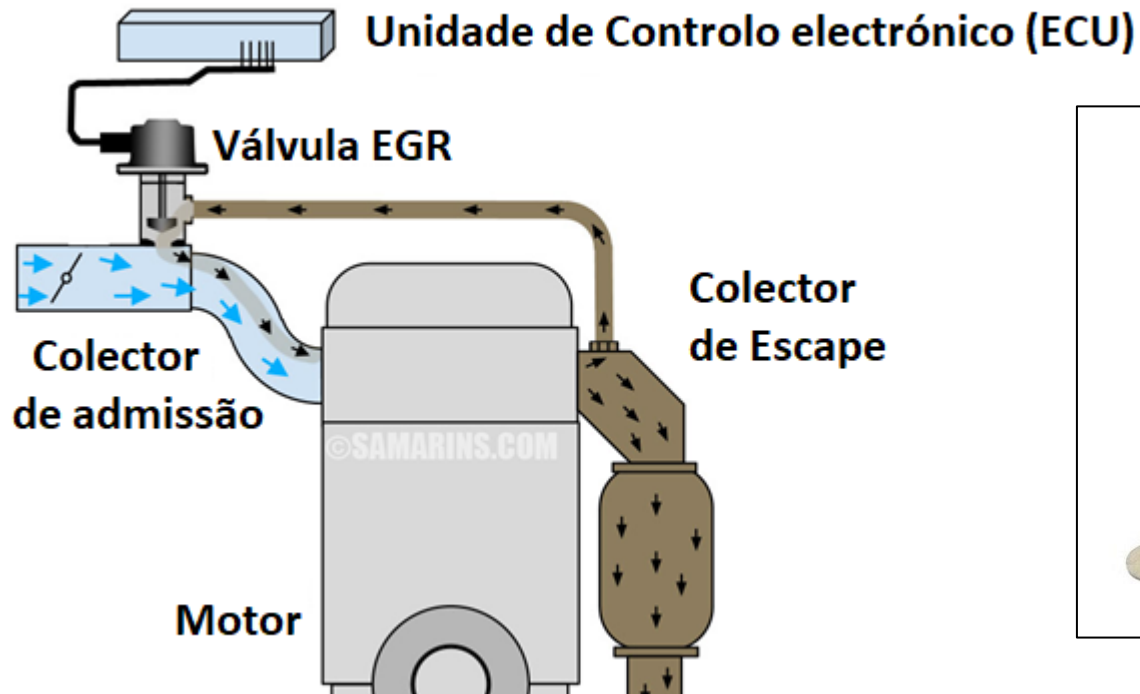
- ▶ Torna-se difícil o arranque do motor;
- ▶ Há refluxo no motor;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica constantemente ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Verificar se o funcionamento é adequado com o respectivo equipamento de teste. Substituir se os códigos indicarem falha.

22.3.6 Actuador de válvula (EGR)



22.3.7 Válvula de Purga Canister

Válvula de Purga Canister - *Canister Purge Valve (CPV)*

A válvula de purga é a parte do sistema EVAP (Controle de Emissões Evaporativas do veículo). O sistema EVAP evita que os vapores de combustível do tanque escapem para a atmosfera. Este sistema retém os vapores de combustível do tanque de combustível e os armazena temporariamente no depósito de carvão e depois são purgados do recipiente e queimados dentro do motor

Quando estes actuadores avariam :

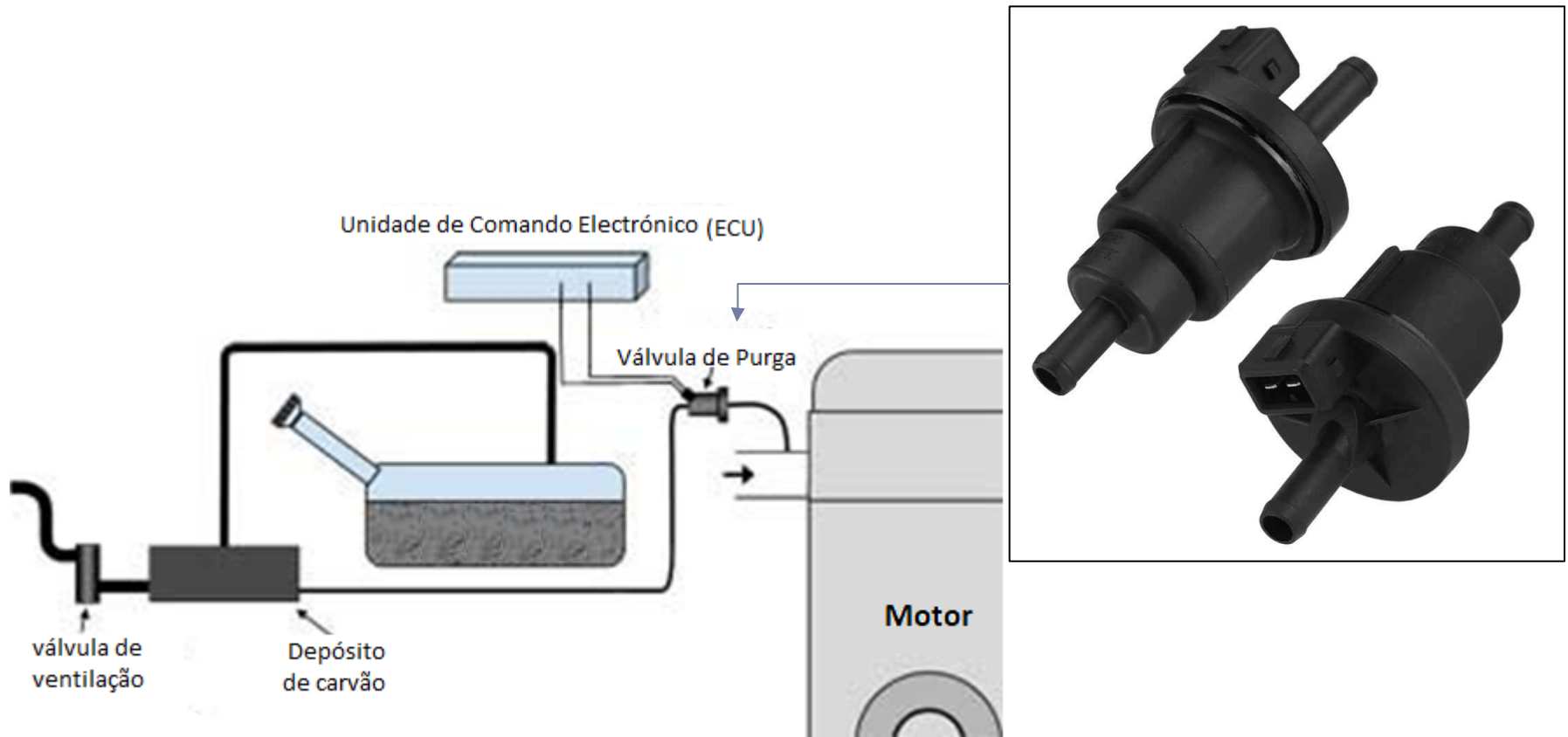
- ▶ O problema mais comum com a válvula de purga é quando ela cola ou não fecha completamente;
- ▶ Podem causar dificuldade de partida logo após o reabastecimento num posto de gasolina;
- ▶ O indicador *Check Engine* fica sempre ligado.



O serviço de manutenção recomendado:

Verificar se o funcionamento é adequado com o respectivo equipamento de teste. Substituir se os códigos indicarem falha.

22.3.7 Válvula de Purga Canister



22.3.8 Injectores de combustível

Injectores de combustível (PFI) e kits de vedação de injectores de combustível

Os injectores são controlados pelo computador de bordo para medir e atomizar a quantidade correcta de combustível que entra em cada cilindro em todas as condições de operação.

Quando estes actuadores avariam :

Difícil *start*;

Refluxo do motor;

Indicador *Check Engine* constantemente ligado;

O motor não arranca.



O serviço de manutenção recomendado:

Deve ser realizado a cada 25.000 a 35.000 milhas e consiste em limpar ou substituir por injectores novos.

Os kits de vedação incluem: Todos os anéis de vedação e peças diversas necessários para a manutenção de injectores de combustível ou outros componentes.

22.4 Gestão Electrónica do Motor

Os sistemas de ignição electrónica permitem que a unidade de controlo use um mapa cartográfico, que caracteriza o avanço de ignição em função da rotação e da carga do motor. O mapa cartográfico é determinado em laboratório em função de parâmetros tais como: potência, momento torsor, consumo de combustível, composição dos gases de escape, margem limite de auto detonação (knocking), temperatura do motor, temperatura do ar de entrada, posição do pedal do acelerador entre outros factores.

22.4 Gestão Electrónica do Motor

MAPA 3D DO SISTEMA DE GESTÃO ELECTRÓNICA (ECU)

Os mapas 3D relacionam a rotação do motor e a carga com o valor de controlo (combustível, ignição, etc.).

EXEMPLO: MAPA 3D DE QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL (INJEÇÃO)

O QUE É ESTE MAPA?
Define o tempo de injeção de combustível (ms) que a ECU deve aplicar para cada combinação de rotação do motor (RPM) e carga do motor (kPa).

LEGENDA (EIXO Z)
Tempo de injeção (ms)

- 18 ms (muito combustível)
- 12 ms
- 6 ms
- 3 ms
- 1 ms (pouco combustível)

Cada ponto (RPM, Carga) tem um valor de injeção (ms).

Tempo de injeção (ms): 18, 15, 12, 9, 6, 3, 0

Rotação do motor (RPM): 800, 1500, 2500, 3500, 4500, 5500, 6500

Carga do motor (kPa): 20, 40, 60, 80, 100

COMO A ECU UTILIZA ESTE MAPA
A ECU lê os sensores, identifica a rotação (RPM) e a carga (kPa) actuais, localiza o ponto correspondente no mapa e aplica o tempo de injeção indicado (eixo Z).

RPM actual: 3000 rpm

Carga actual (MAP): 60 kPa

Tempo de injeção lido no mapa: 8,7 ms

COMO LER O MAPA 3D

1. Eixo X (azul): rotação do motor (RPM)
2. Eixo Y (verde): carga do motor (kPa)
3. Eixo Z (vertical): tempo de injeção (ms)
4. A cor indica a quantidade de combustível (ver legenda).

PONTO DE OPERAÇÃO ACTUAL DO MOTOR

EXEMPLO PRÁTICO

Situação actual do motor:

- RPM = 3000
- Carga = 60 kPa

↓

A ECU utiliza o valor de injeção (Z) lido no ponto correspondente do mapa.

OUTROS MAPAS 3D IMPORTANTES NA ECU

1. MAPA DE AVANÇO DA IGNIÇÃO (graus)
2. MAPA DE PRESSÃO DO TURBO (bar)
3. MAPA DE ABERTURA DA BORBOLETA (%)
4. MAPA LAMBDA (λ)
5. MAPA EGR (%)

VANTAGENS DO USO DE MAPAS 3D

- Controlo preciso do motor em todas as condições de operação.
- Otimização do consumo de combustível.
- Redução de emissões de poluentes.
- Proteção do motor e dos componentes.
- Melhor desempenho e resposta do veículo.

Os mapas 3D são obtidos através de ensaios em dinamómetro e calibrados pelos engenheiros para garantir o melhor compromisso entre desempenho, consumo e emissões.

22.4 Gestão Electrónica do Motor

A gestão electrónica do motor, através da ECU, monitora, processa, calcula e actua no motor com o objectivo de otimizar o seu rendimento. Entretanto, o motor possui diversos regimes de operação e, para cada regime, é necessária uma estratégia de controle diferente. Os principais regimes de operação que a ECU deve identificar e actuar são:

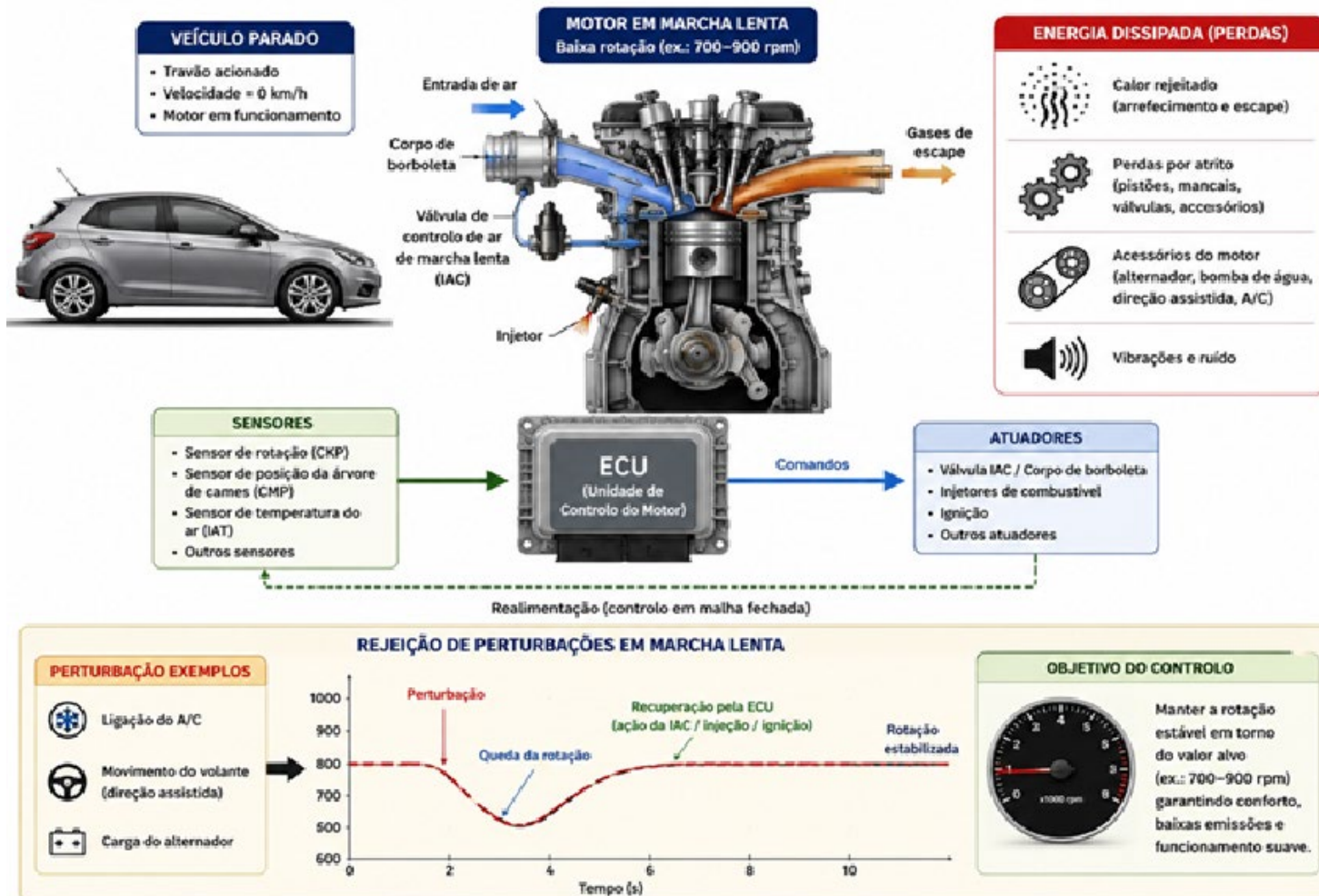
- ❑ Marcha lenta;
- ❑ Aceleração;
- ❑ Desaceleração;
- ❑ Arranque do motor (motor frio e motor quente);
- ❑ Velocidade de cruzeiro.

22.4.1 Marcha Lenta

O regime de marcha lenta se caracteriza pelo veículo parado com o motor ainda em regime de funcionamento. Toda energia produzida pela combustão é dissipada pelas perdas internas e pelo atrito. O controle de marcha lenta se torna complexo, pois em baixas rotações o torque disponível para rejeitar perturbações é pequeno. O desafio é ainda maior pelo facto de se esperar uma grande variação nos parâmetros existentes de um veículo para o outro.

22.4.1 Marcha Lenta

O motor mantém-se em funcionamento (baixa rotação) e toda a energia produzida é dissipada pelas perdas internas e pelo atrito.

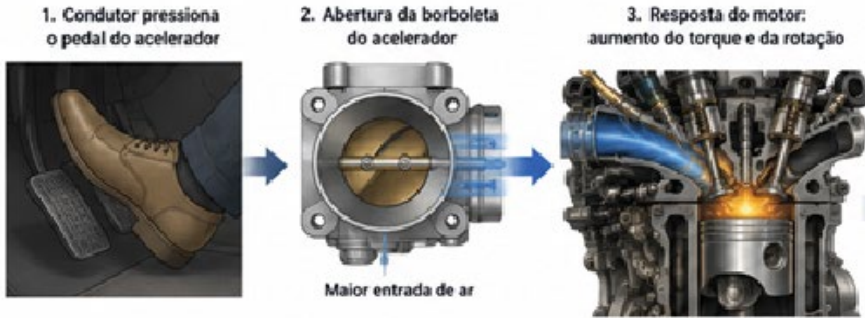


22.4.2 Aceleração

Quando o condutor pressiona o pedal do acelerador, caracteriza-se o regime de aceleração. Nessa fase, a massa de combustível fornecida ao motor deve ser incrementada adequadamente para se obter o torque solicitado pelo condutor. Para permitir que o motor forneça potência máxima, a ECU deve enriquecer a mistura carburante e, conseqüentemente, trabalhar fora da relação estequiométrica.

22.4.2 Aceleração

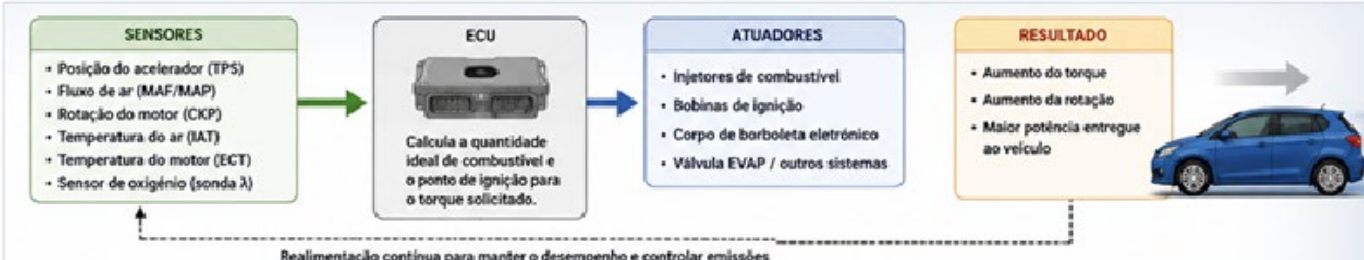
Aumento da massa de combustível e enriquecimento da mistura para obter o torque solicitado.



ATUAÇÃO DA ECU NA ACELERAÇÃO

Objetivo: fornecer potência máxima

- Aumenta o tempo de injeção (massa de combustível) ↑
- Enriquece a mistura carburante ($\lambda < 1$) – fora da relação estequiométrica ↑
- Ajusta o avanço da ignição para melhor desempenho ↑
- Considera maior fluxo de ar e outros sensores (IAT, MAP, etc.) ↑



RELAÇÃO ESTEQUIOMÉTRICA

Estequiométrica ($\lambda = 1$)
14,7 kg de ar para 1 kg de combustível (na gasolina)

Na aceleração: Trabalha fora da relação estequiométrica (mistura rica) para fornecer potência máxima.

Benefícios do enriquecimento:

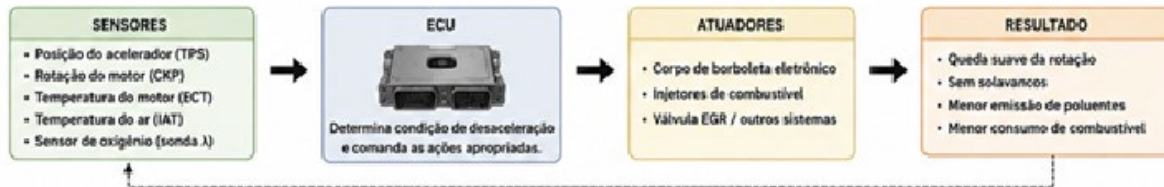
- Maior torque e potência
- Melhor resposta do motor
- Proteção contra detonação (knock)

22.4.3 Desaceleração

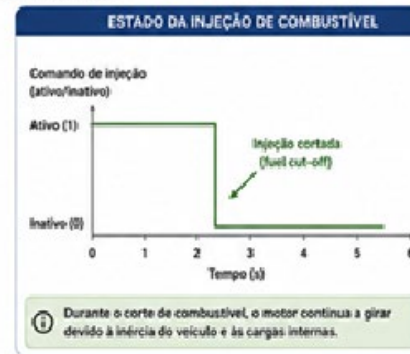
Quando motor está quente e com elevadas rotações e o condutor não pressiona o pedal do acelerador, deixando o mesmo em sua posição inicial, caracteriza-se o regime de desaceleração. A ECU deve efectuar um encerramento gradual da válvula borboleta para evitar solavancos indesejáveis no veículo e o corte da injeção de combustível visando eliminar a emissão de poluentes e reduzir o consumo de combustível.

22.4.3 Desaceleração

Motor quente e com altas rotações, pedal do acelerador solto.
ECU fecha gradualmente a borboleta e corta a injeção de combustível.



Realimentação: contínua para manter controle e estabilidade



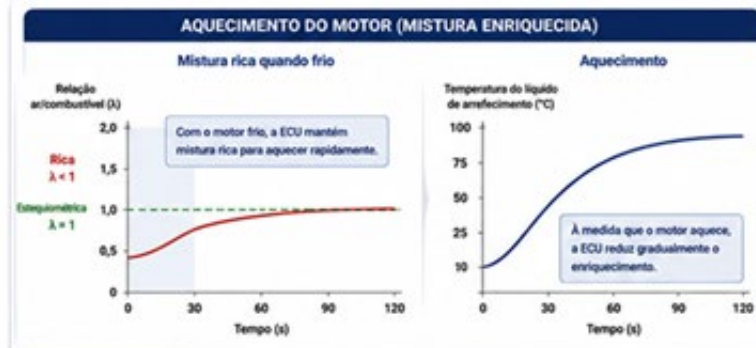
- BENEFÍCIOS**
- Redução de emissões de poluentes (HC, CO, CO₂)
 - Redução do consumo de combustível
 - Condução mais suave, sem solavancos
 - Melhor economia e menor impacto ambiental

22.4.4 Arranque do motor

No regime de arranque, a ECU, após identificar o sinal de accionamento da chave de ignição, efectua a medição com o sensor de temperatura do líquido de arrefecimento para determinar se o motor está frio ou quente. Com essa informação, a ECU aguarda o sinal de rotação do motor, que está a girar com auxílio do motor de arranque, e acciona todas as válvulas injectoras para garantir uma mistura carburante rica, o suficiente para que o motor comece a operar nos quatro ciclos previamente descritos. Após a partida, caso o motor esteja frio, o motor entra num estado de aquecimento, onde a ECU mantém a mistura carburante rica para aquecer rapidamente o motor. Conforme o motor aquece, a ECU corrige a mistura carburante, diminuindo o tempo de injeção até que o motor entre em regime de marcha lenta.

22.4.4 Arranque do motor

A ECU coordena o arranque enriquecendo a mistura, garantindo a partida e o aquecimento do motor.



- PONTOS CHAVE**
- Motor frio:** mistura rica para garantir a partida e o aquecimento.
 - ECU ajusta o tempo de injeção com base na temperatura e na rotação.**
 - Após aquecer,** o motor opera em marcha lenta com mistura ideal.

22.4.5 Velocidade de cruzeiro

O regime de velocidade de cruzeiro é caracterizado pelo motor em regime de rotação constante. Geralmente ocorre quando o veículo está em viagem com velocidade aproximadamente constante e o condutor mantém o pedal do acelerador parcialmente accionado.

Nessa condição, a ECU opera o motor em função da sonda lambda, buscando sempre a relação estequiométrica.

22.4.5 Velocidade de cruzeiro

O motor trabalha em rotação constante e a ECU mantém a mistura próxima da relação estequiométrica ($\lambda = 1$).



- BENEFÍCIOS DO CRUZEIRO**
- Menor consumo de combustível
 - Redução das emissões de poluentes (CO, HC, NOx, CO₂)
 - Condução mais confortável e estável
 - Menor desgaste do motor e componentes