

Controle das Emissões de NOx - EGR Interno

As emissões de NOx atingem seu máximo nível quando o motor funciona com misturas levemente pobres, próximas da estequiométrica (figura 1). Nesta condição a temperatura máxima na câmara pode superar os 1300°C o que propicia a reação de oxidação do nitrogênio gerando os NOx.

Nos motores de ciclo Otto, o controle preciso da mistura, em torno da ideal, não resolve o problema deste tipo de emissão. A solução consiste na recirculação dos gases de escape associado ao pós-tratamento com catalisador de 3 vias.

Nos motores de ciclo Diesel as emissões de NOx são menores, mas, em função de trabalhar com mistura pobre, não é possível a utilização do catalisador de 3 vias já que este exige a combustão de mistura em torno da estequiométrica para assegurar máxima eficiência de conversão. Assim, a solução consiste na recirculação dos gases de escape e no pós-tratamento, mas, utilizando um outro tipo de catalisador.

A figura 1 mostra a curva de emissão de NOx e as faixas de trabalho de ambos tipos de motores.

Em ambos os casos, os recursos utilizados atualmente, para diminuir a emissão de NOx, são:

- 1) Redução da temperatura máxima de combustão
- 2) Pós-tratamento dos gases de escape.

Um dos recursos utilizados para diminuir a temperatura de combustão consiste na redução da quantidade admitida de ar e com isto, a quantidade de O₂, o que promove uma combustão mais controlada com pressão efetiva menor.

Neste caso, para diminuir a quantidade de ar admitida no cilindro, a mistura deve ser diluída com algum outro gás inerte (que não participe da combustão) como CO ou CO₂. Em função de estes estarem presente nos gases de escape, a solução encontrada foi recircular ou reter na câmara, uma quantidade controlada destes últimos.

Como os gases re-circulados ou retidos substituem igual porcentagem de carga de ar, os cilindros recebem uma quantidade menor desta última, em relação a sua capacidade volumétrica. Assim, a pressão média efetiva e a temperatura máxima da câmara de combustão também diminuem. Como resultado, o motor desenvolve uma potência menor. A temperatura máxima menor tem como consequência a diminuição do nível de NOx.

Sistema EGR

Surgiu assim, no início dos anos '70, o sistema EGR (do inglês: "**E**xhaust **G**as **R**ecirculation" ou Recirculação dos Gases de Escape), aplicado a motores ciclo Otto nos quais, uma proporção de até 20% de gases de escape são integrados à mistura. Em motores modernos de ciclo Otto a proporção pode chegar a 30%. Nos de ciclo Diesel pode atingir 50%.

Desta forma, o sistema EGR pode ser visto como uma outra entrada de fluido para o enchimento do cilindro só que, neste caso, o cilindro admite gás inerte o que contribui para a perda de desempenho.

Em função da queda de desempenho, em motores ciclo Otto, este procedimento só poderá ser aplicado em condições de carga parcial estabilizada. Se aplicado durante a marcha lenta, produz instabilidade da mesma. Nas acelerações e na plena potência, provoca falha de retomada e afeta o desempenho. Também, não é aplicado durante a fase de aquecimento do motor já que nesse caso, a combustão é menos estável.

Como mencionado, o resultado da ação EGR é a diluição da mistura presente na câmara, no momento da combustão. Para obter este resultado existem dois métodos:

1. Admitir uma carga previamente diluída no coletor de admissão, com uma proporção de gases de escape re-circulados. É o denominado **EGR externo**.
2. Reter na câmara, uma parte dos gases de escape antes de se iniciar o ciclo de admissão. É o denominado **EGR interno**.

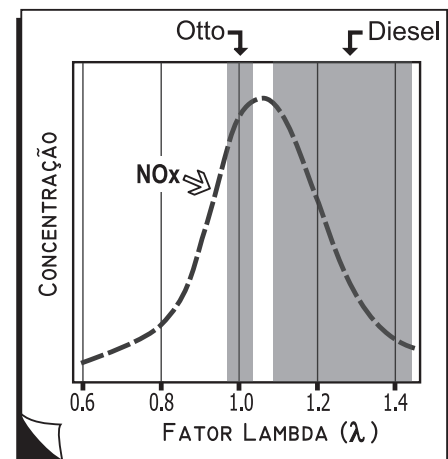


Figura 1

EGR Interno

Como mencionado, a diluição da mistura (ação EGR) só pode acontecer em condições bem específicas de carga parcial estabilizada. Assim, com base nesta premissa, a retenção de uma parte dos gases produzidos na combustão só é possível em motores com pelo menos, o comando de exaustão variável.

No caso contrário, ou seja, com comando fixo, o efeito EGR afetaria todos os regimes de funcionamento do motor.

Para exemplificar o processo, as figuras mostram o diagrama de calagem de válvulas de um motor com comando de exaustão variável, para duas condições de funcionamento.

A figura 2 apresenta uma configuração típica de marcha lenta. Reparar no cruzamento das válvulas de 8° em torno do PMS, onde a válvula de admissão abre em 4° APMS e a de escape fecha em 4° DPMS.

A figura 3 apresenta a configuração para o caso em que o comando de exaustão é adiantado 30° com relação à situação de marcha lenta.

Nesta condição, a válvula de escape fecha em 26° APMS e a de admissão continua a abrir em 4° APMS.

Não há, portanto, cruzamento de válvulas. Pelo contrário, durante 22° de giro do virabrequim ambas as válvulas permanecem fechadas.

Como resultado, uma parte dos gases de escape é retida dentro da câmara gerando a ação EGR.

Em função do pequeno deslocamento do pistão (fim do ciclo de compressão), com velocidade praticamente nula, os gases retidos não sofrem compressão apreciável.

A quantidade de gases retidos depende do ângulo de avanço do comando de exaustão.

Assim, controlando este ângulo a UC consegue ajustar a porcentagem de EGR aplicada.

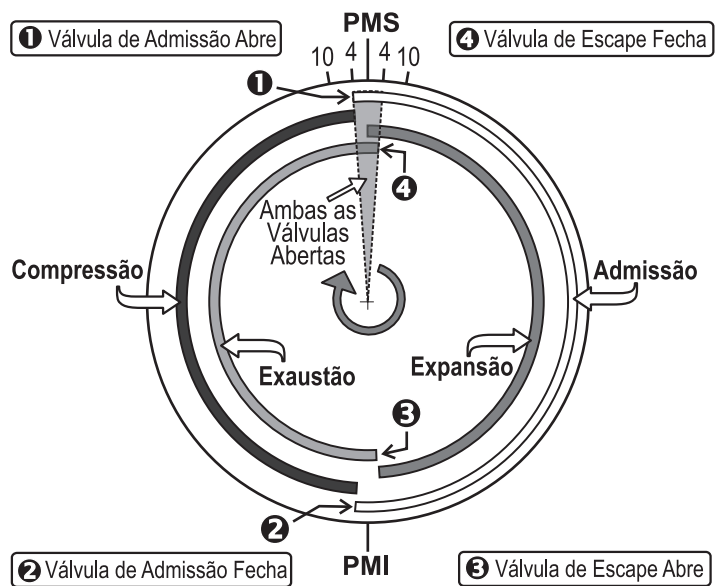


Figura 2

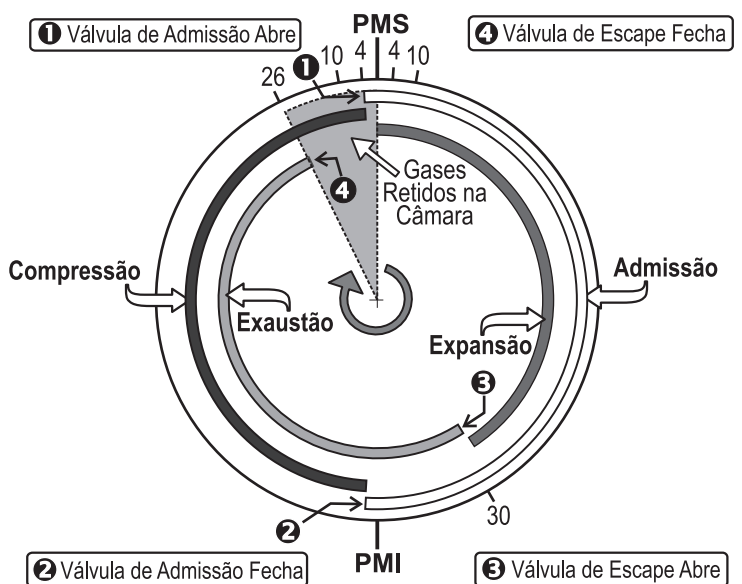


Figura 3

Humberto José Manavella
humberto@hmutotron.eng.br

Publicações da HM Autotrônica

- Controle Integrado do Motor
- Eletroeletrônica Automotiva
- Diagnóstico Automotivo Avançado
- Emissões Automotivas
- Eletrônica Embarcada Veicular

Para informações sobre conteúdo e condições de compra:

- ◆ www.hmutotron.eng.br
- ◆ (11) 3884-0183