

## **DOWNSIZING DE MOTORES ASSOCIADO AO USO DE TURBOCOMPRESSOR**

**Amanda Assis<sup>1</sup>, Francisco Almeida<sup>2</sup>,  
Antonio Gabriel Almeida<sup>3</sup>, Luis Gabriel Gesteira<sup>4</sup>**

1-Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia,  
R. Emidio dos Santos, s/n - Barbalho, Salvador, Brasil.  
massis.amanda@gmail.com

2-Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia,  
R. Emidio dos Santos, s/n - Barbalho, Salvador, Brasil.  
franciscoalmeidaifba@gmail.com

3-Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia,  
R. Emidio dos Santos, s/n - Barbalho, Salvador, Brasil.  
gabrielalmeida@ifba.edu.br

**Palavras chave:** Motores de combustão interna, downsizing, turbocompressor, torque, potência, consumo, emissão de gases.

### **Resumo**

Devido a necessidade de diminuir o consumo de combustível fóssil e a emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, bem como atender aos anseios dos clientes quanto a carros mais econômicos, o "Downsizing" apresenta-se como uma alternativa vantajosa a essa busca. A idéia central é reduzir a cilindrada, mantendo potência, torque e resposta ao acelerador para que o motorista não sinta que a economia de combustível venha associada à menor agilidade do carro. Para tanto, algumas montadoras estão realizando a estratégia de Downsizing em combinação com o uso do turbocompressor. O presente trabalho apresenta uma análise fundamentada na avaliação de um estudo de caso, através da utilização dos parâmetros torque, potência, consumo e emissão de gases poluentes. Este tipo de motor, que já é utilizado nos carros europeus, está em fase de implementação no Brasil, com o intuito de substituir os motores de 1.6L de quatro cilindros. Para tanto, espera-se que o 1.0L turbo apresente uma redução no consumo de combustíveis e emissão de gases poluentes, bem como, possua potência e torque superiores aos modelos 1.0L de motorização tradicional, concorrendo com os motores que possuam valor superior de cilindradas.

### **1. Introdução**

Com o aumento da concorrência entre as montadoras e uma maior exigência do mercado consumidor, a indústria automobilística vive uma incessante busca por contemplar as diversas necessidades dos seus clientes, desde itens atrativos quanto a conectividade e praticidade quanto a motores mais robustos e econômicos. Além dos anseios dos compradores, a indústria precisa ainda atender normas e procedimentos, que vão desde itens de segurança, qualidade no seu processo e no produto final, à descarte de resíduos e emissão de gases nos veículos.

A possível escassez da oferta de petróleo levou ao desenvolvimento de novas políticas ambientais, que possuem entre os enfoques, a redução de emissões de poluentes

em veículos automotores, bem como a utilização de energias alternativas. Assim, economia de combustível, eficiência dos motores e redução nas emissões de poluentes se tornaram fatores-chaves para a construção de novos projetos. (GUEDES, 2014)

A fim de se adequarem e não perderem mercado, as indústrias automobilísticas se mobilizaram, e em meio a essa busca por soluções inovadoras surgiu um novo conceito que passou a ser conhecido como downsizing. O termo downsizing, em uma tradução livre, significa redução de tamanho, e essa é a ideia principal do projeto: produzir motores menores, tanto em tamanho quanto em deslocamento, mas que desenvolvam a mesma potência ou até maior, com mais eficiência e economia. (GUEDES, 2014)

## **2.1. Motor Aspirado X Turbinado**

As normas que valerão para os veículos cujo ano-modelo vai de 2012 a 2025 possuem uma maior exigência quanto a motorização, para que eles sejam mais eficientes, tenham um maior controle de emissão de gases de efeito estufa (GEE) do veículo e uma maior economia de combustível (EC). Uma tecnologia que está sendo uma estratégia-chave dos fabricantes de veículos para ajudar a cumprir com as normas relacionadas ao GEE e EC é substituição de motores naturalmente aspirados por motores turbinados. (STUHLREHER, 2015)

### **2.1.1. Motor aspirado**

O desempenho de um motor de combustão interna está fortemente associado à quantidade de ar admitido e retido no interior dos cilindros, pois quanto mais ar é admitido, maior também será a quantidade de combustível a ser adicionado e posteriormente oxidado. (BRUNETTI, 2012)

O fluxo de ar para o interior dos cilindros no tempo de admissão se dá em função da geração de um gradiente de pressão entre o coletor de admissão e o cilindro. No caso em que esse gradiente é ocasionado unicamente pelo deslocamento do pistão do PMS para o PMI, é gerada uma depressão no interior do cilindro, não havendo nenhum dispositivo que eleve a pressão no coletor de admissão acima da pressão atmosférica, tendo-se o motor denominado naturalmente aspirado. (BRUNETTI, 2012)

Nesses motores, o gradiente de pressão no processo de admissão é limitado pela pressão de admissão, que será no máximo a pressão atmosférica. (BRUNETTI, 2012)

### **2.1.2. Motor turbinado**

Com o objetivo de aumentar o gradiente de pressão no processo de admissão e, conseqüentemente, a massa de ar admitida pelo motor, surgiram os motores sobrealimentados. (BRUNETTI, 2012)

Nesses motores existem dispositivos que elevam a pressão no coletor de admissão acima da pressão atmosférica. Um desses dispositivos é o turbocompressor, que utiliza os gases de escape para gerar trabalho numa turbina e transferi-lo para o compressor, que por sua vez se encarrega de aumentar a pressão no coletor de admissão. (BRUNETTI, 2012)

Sobrealimentando-se um motor para aumentar até 20% a sua potência, normalmente, não há necessidade de reprojeta-lo. Acima disso, mancais, pistões, lubrificação e arrefecimento deverão ser revistos para garantir a durabilidade. (BRUNETTI, 2013)

Teoricamente, a potência de um motor poderia ser aumentada indefinidamente, pelo aumento gradativo da quantidade de mistura a ser introduzida no cilindro, desde que se dispusesse de um compressor adequado. Entretanto, o superaquecimento do motor impede que o supercarregamento se processe indefinidamente. (OBERT, 1971)

### 2.1.2.1. Turbocompressor

Turbocompressores são sistemas compostos por uma turbina que trabalha em conjunto com um compressor, montados no sistema de admissão e usados para aumentar a pressão do ar admitido no motor, resultando em maior massa de ar e combustível que entram em cada um dos cilindros, durante cada ciclo. (PULKRABEK, 2003)

O compressor é movido pela turbina, que é acionada através dos gases de escape do motor. Diferentemente dos motores aspirados, que não aproveitam a energia presente nos gases de escape, os motores sobrealimentados com o auxílio de um turbocompressor tem seu balanço energético alterado, pois a utilização da energia proveniente desses gases possibilita um aumento da sua eficiência térmica. Neste caso, o compressor não tem ligações mecânicas com o motor, não consumindo potência de seu eixo. (BRUNETTI, 2013)

O processo de compressão do ar acarreta, porém, em um aumento da temperatura deste. Esse aumento ocasiona a redução da massa específica do ar em comparação a uma condição de mais baixa temperatura. A fim de se minimizar esse efeito de redução da massa específica (densidade) do ar gerado pelo aumento de temperatura na compressão, foram concebidos resfriadores (intercoolers) que reduzem a temperatura após a saída do compressor, como pode ser visualizado na Figura 1. (BRUNETTI, 2012)



Figura 1. Funcionamento do resfriador de ar.

O aumento da pressão proveniente do uso de turbocompressores varia entre 20 e 250 kPa, sendo que a maioria dos motores opera próximo a extremidade inferior desta escala. (PULKRABEK, 2003)

Em um estudo realizado sobre os efeitos da turbocompressão em um motor movido a gás natural, a eficiência do turbocompressor tem uma grande influência sobre a eficiência do motor. Um aumento de 1% na eficiência turbocompressor traz um aumento de cerca de 0,08% na eficiência do motor. (KESGIN, 2004)

O turbocompressores encontram sua desvantagem no fato de que tanto o compressor quanto a turbina geralmente possuem uma faixa de operação com altas eficiências ligeiramente mais restrita que a faixa de operação do motor, isto é, o turbocompressor opera de maneira mais efetiva em médias e altas rotações. (BRUNETTI, 2013)

## 2.2. Sistema De Injeção Direta

Sistemas de injeção direta de combustível vem ganhando espaço na indústria automotiva. Esse tipo de sistema, pulverizando o combustível na câmara de combustão sem o intermédio dos coletores de admissão, cria uma turbulência dentro da mesma e permite o funcionamento do motor em taxas maiores de compressão, o que melhora o seu desempenho. (HURTADO, 2013)

Diferentemente dos motores de injeção eletrônica indireta, no sistema de injeção direta, o combustível é injetado diretamente na câmara de combustão e não no coletor de admissão. Além disso, graças ao gerenciamento eletrônico, todo processo de distribuição de queima é feito na quantidade e no tempo adequados.

Outra grande diferença em relação aos sistemas de injeção indireta convencional, está nos injetores de combustível, que agora precisam suportar as condições de pressão e temperatura no interior da câmara de combustão com a devida capacidade de atomização do combustível e na bomba secundária de combustível. (BRUNETTI, 2012)

Quando a quantidade de ar na mistura é alta, comparada à quantidade de combustível, temos uma mistura dita “pobre”. Quando encontramos o caso oposto, temos uma mistura “rica”. Os motores de injeção direta usam uma mistura de 40 ou mais partes de ar para cada parte de combustível, expressa como “40:1”. Em um motor a gasolina convencional, a relação é de 14, 7:1. Uma mistura mais pobre permite que o combustível seja queimado de maneira muito mais econômica. (PARKER, 2008)

Uma segunda vantagem em termos de eficiência, para os motores de injeção direta, é que eles podem queimar seu combustível de forma mais completa. O controle da mistura ar-combustível é mais preciso pelo fato de não haver deposição de combustível nas paredes do coletor de admissão ou nos dutos do cabeçote. (BRUNETTI, 2012)

Em operações de variações abruptas de carga tem-se também relativa vantagem da injeção direta de combustível, pois a massa de combustível é calculada para a massa de ar já admitida e presente no interior da câmara de combustão. Este melhor controle, minimizando as variações entre os cilindros, traz vantagens em dirigibilidade, controle de emissões de poluentes e consumo de combustível. (BRUNETTI, 2012)

Uma grande desvantagem do sistema de injeção direta é o custo, pois os componentes devem ser mais resistentes para suportar a alta pressão na câmara de combustão, ou seja, deverão ser selecionados materiais com propriedades mecânicas mais elevadas. No entanto, motores que possuem o sistema podem, com gasolina comum, atingir índices de desempenho alcançados apenas em motores que necessitam de combustível premium, mais caros, para funcionar com o melhor desempenho. (HURTADO, 2013)

Além disso, o custo elevado de produção já não é considerado um empecilho no desenvolvimento dessa tecnologia, utilizada há muito tempo em motores a diesel, para motores ciclo Otto, uma vez que ela surge como uma excelente alternativa na busca por

motores mais econômicos e que atendam às exigências cada vez mais rigorosas de controle de emissão de poluentes. (HURTADO, 2013)

### **2.3. Comando de Válvulas Variável**

As válvulas de um motor comum são abertas por ressaltos (comes) dispostos ao longo de uma árvore chamada popularmente de comando de válvulas, ou tecnicamente de árvore de cames. Os motores com comando duplo de válvulas no cabeçote (DOHC) têm um comando para as válvulas de admissão e outro para as válvulas de escape. Estes comandos são feitos de metal e podem ser conectados ao virabrequim por meio de correntes, correias ou engrenagens. (CONTESINI, 2014)

O perfil, a posição e a forma dos cames do eixo comando, são desenvolvidas para uma determinado RPM do motor, que normalmente limita o torque em baixas rotação e a potência em altas rotações, isto é, normalmente o comando de válvulas é projetado de maneira a ficar entre dois objetivos: obter a maior potência possível, através de rotações mais altas, sem prejudicar o desempenho em giro baixo. Sempre que um lado é favorecido, o outro sai prejudicado.

É nesse cenário que o comando variável encontra seu espaço, ao permitir que essas duas necessidades sejam plenamente atendidas, adaptando o momento de abertura e fechamento e, em alguns casos, o levantamento das válvulas conforme a rotação do motor e a abertura do acelerador.

### **2.4. Emissões de Gases Poluentes**

A utilização pelo homem das diversas formas de energia tem sido uma das principais causas de danos ao meio ambiente, com destaque às fontes fósseis de energia que são amplamente utilizadas para diversos fins energéticos, como geração de energia elétrica, transporte e indústria. Mesmo com um maior uso de outras fontes energéticas atualmente, os combustíveis fósseis têm se mantido como a principal fonte. Os mais utilizados são o carvão mineral, os derivados de petróleo e, mais recentemente, o gás natural. (MENDES, 2004)

No Brasil, existe um amplo uso do etanol, tanto como combustível exclusivo quanto misturado a derivados de petróleo como a gasolina, além de uma expansão no uso do gás natural veicular, principalmente em veículos leves de uso intensivo (táxis e frota cativas) em grandes centros urbanos, porém, os derivados de petróleo (como gasolina e óleo diesel) continuam sendo os energéticos predominantes. (MENDES, 2004)

Segundo Mendes, as emissões originadas pelo uso de veículos automotores podem ser divididas nas seguintes categorias:

- emissões de gases e partículas pelo escapamento do veículo (subprodutos da combustão lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento);
- emissões evaporativas de combustível (lançadas na atmosfera através de evaporação de hidrocarbonetos do combustível);
- emissões de gases do cárter do motor (subprodutos da combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e por vapores do lubrificante);
- emissões de partículas fruto do desgaste de pneus, freios e embreagem e

- emissões evaporativas de combustível nas operações de transferência de combustível (associadas ao armazenamento e abastecimento de combustível)

### 2.4.1. Produtos nocivos

A reação de combustão completa estequiométrica produz  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , e  $\text{N}_2$ . A proporção desses gases ao deixarem o cilindro depende do combustível, da condição de funcionamento do motor e da qualidade da mistura. (BRUNETTI, 2012)

Na reação real os produtos citados constituem cerca de 98% dos gases de escape, sendo 1% formado de  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$  e gases inertes e aproximadamente 1% de gases nocivos. (BRUNETTI, 2012)

Como exemplo de gases nocivos podemos citar o monóxido de carbono (CO), que é resultado de uma combustão incompleta de hidrocarbonetos e representa uma relativa redução de eficiência. O CO é um gás inodoro que reage com a hemoglobina, reduzindo a capacidade do sangue de transportar oxigênio. A inalação de uma concentração de 1600 ppm dessa substância causa náuseas nos primeiros 20 minutos e provoca a morte em 1h. (BRUNETTI, 2012)

Os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), ao entrar em contato com o vapor de água na atmosfera, forma o ácido nítrico que, em conjunto com o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), formado a partir da queima de combustíveis com enxofre, formam a chamada chuva ácida. (BRUNETTI, 2012)

O  $\text{CO}_2$ , produto primário de qualquer combustão de hidrocarbonetos é um gás inodoro e incolor, sem efeito direto na saúde humana, mas o acúmulo desse gás na atmosfera é um dos principais responsáveis pelo fenômeno do aquecimento global.

Diante das consequências aqui expostas, e muitas outras existentes, em relação aos gases provenientes da combustão ocorrida nos propulsores de veículos, percebe-se a importância do estabelecimento de legislações que limitam a emissão dos principais poluentes por motores e automóveis.

## 3. Metodologia

O presente trabalho teve sua metodologia desenvolvida majoritariamente segundo dois pilares: inicialmente pelo processo de revisão da literatura, para que houvesse uma coleta de dados e definições necessários ao desenvolvimento da pesquisa e posteriormente sob a análise de um estudo de caso.

Embora a palavra Downsizing remeta a um processo de redução de tamanho, os ganhos relativos a utilização dessa tecnologia não estão atrelados apenas à redução das dimensões do motor e sim às inúmeras tecnologias adotadas, para que em conjunto se atinjam as metas e objetivos traçados.

Segundo cruzamento feito com base nos números de registros do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) e nas estimativas populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2014 o Brasil possuía um automóvel para cada 4,4 habitantes. Há dez anos, a proporção era de 7,4 habitantes por carro.

Embora os automóveis façam parte do cotidiano das pessoas, muitos conceitos físicos e mecânicos, relacionados à área de mecânica automotiva, bem como a função das peças e

mecanismos que compõem um veículo, ou seu processo de manutenção ainda são pouco conhecidos pela maioria dos consumidores.

Por esse motivo, inicialmente no presente trabalho, foi realizada uma conceituação a respeito de temas relacionados à mecânica automotiva, alguns conceitos básicos até a conceituação de funcionamento e funções dos sistemas.

A pesquisa bibliográfica, realizada inicialmente, tem o objetivo de colocar o pesquisador em contato com o que já se produziu e registrou a respeito do seu tema de pesquisa. (PÁDUA, 2005)

Após realizada a revisão bibliográfica, foi iniciada a etapa de análise do estudo de caso, sendo este uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa aprofundadamente, numa tentativa de abranger as características mais importantes do tema que se está pesquisando, bem como seu processo de desenvolvimento. (TRIVIÑOS, 2013)

Após análise feita com auxílio da revisão da literatura, alguns tópicos foram selecionados para referenciar e sedimentar a análise realizada no estudo de caso, dentre eles quatro parâmetros são de extrema importância e foram utilizados como alicerce da análise qualitativa e comparativa do estudo de caso, sendo eles:

- Consumo
- Torque
- Potência
- Emissão de gases poluentes

O objeto de estudo em questão é o motor Ford Eco Boost 1.0 turbo (Figura 2), três cilindros, à gasolina com injeção direta e comando de válvulas variável. Projeto desenvolvido em conjunto por equipes das plantas da Ford localizadas em Colônia, Aachen, Dunton e Dagenham, o motor já foi implementado na Europa, e está em fase de testes para ser lançado no New Fiesta brasileiro em 2016.



Figura 2. Ford Eco Boost 1.0 turbo, três cilindros.

Além da análise das tecnologias que compõem o motor 1.0L turbo, foi realizada uma análise comparativa com o motor 1.6L, que possui a tecnologia de duplo comando de válvulas e TiVct e em alguns momentos com o motor 1.5L da mesma montadora que não possui nenhuma das tecnologias citadas no presente trabalho, para que os ganhos provenientes do processo de Downsizing fossem visualizados de maneira evidente.

#### **4. Resultados e discussões**

Devido a um significativo ajuste nas tolerâncias dos requisitos relativos à emissão de CO<sub>2</sub> e da economia de combustível, bem como a demanda dos clientes, a indústria automotiva precisou dar um foco maior às soluções de veículos que atendam a essa necessidade. Diante disso, a Ford Motor Company investiu no desenvolvimento de tecnologias de motores, no intuito de entregar uma resposta significativa e sustentável para o desafio citado.

A montadora divulgou a família EcoBoost, sendo esta uma aplicação de injeção direta de combustível e turbocompressor em motores a gasolina. Esta tecnologia permite uma melhoria significativa da economia de combustível através de redução do motor e uma melhoria de desempenho quanto a resposta dinâmica do mesmo. (CURTIS, 2010)

A gama é formada por quatro motores: 1.0L de 3 cilindros, 1.6L e 2.0L de 4 cilindros e 3.5L V6. De acordo com as fichas técnicas de cada um dos motores EcoBoost, os números de desempenho superam os de seus antecessores e ainda consomem 20% menos gasolina, em média.

O motor 1.0L é objeto de estudo do presente trabalho. Disponível principalmente no mercado europeu, está em fases finais de teste para ser comercializado no Brasil no veículo New Fiesta, que será equipado com motor turbo e tem chegada prevista para maio de 2016. Com produção em São Bernardo do Campo (SP), a nova versão terá o motor 1.0 EcoBoost inicialmente importado da Europa e posteriormente fabricado no Brasil.

Trata-se de um propulsor 1.0L, 3-cilindros com injeção direta, duplo comando de válvulas variável independente (Ti-VCT), turbo e intercooler, que está disponível em versões de 100 cv e 169,65 Nm de torque, 125 cv e 179,46 Nm ou ainda 140 cv e 200,05 Nm. Para o Brasil, será comercializada a versão de 125 cv. O câmbio poderá ser manual de cinco marchas ou automatizado. Posicionado no topo da gama, o EcoBoost deve substituir as versões equipadas com o atual motor 1.6L 16V aspirado.

Dentro do portfólio EcoBoost, o motor 1.0L abrange o torque e a potência de 170 Nm (200 Nm overboost) e 92 kW (ou 125 cv). O sistema Overboost (ou sobrepressão), é um recurso do motor que, ao ser ativado, aumenta temporariamente a pressão do turbo, garantindo ainda mais esportividade, e está disponível em 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> marchas. A mesma comparação é feita para os outros motores no gráfico encontrado na Figura 3.

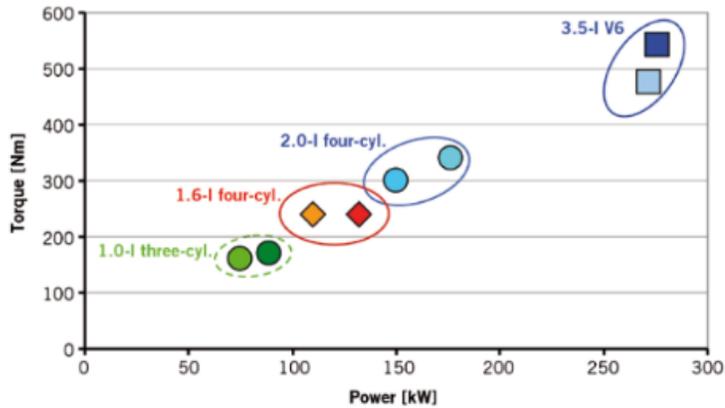


Figura 3. Torque x Potência.

Alguns estudos iniciais que estabeleciam metas para a economia de combustível e custo indicavam que essas condições seriam atendidas de forma satisfatória num motor de três cilindros. Estudos posteriores demonstraram que um motor três cilindros derivado de uma arquitetura de motor já existente não permitiria obter todo esse potencial e o seu custo não seria satisfatório, portanto uma nova arquitetura foi desenvolvida com uma configuração de base dedicada ao novo projeto. O desafio proposto foi de um motor que tivesse uma excelente economia de combustível trabalhando em conjunto com um turbocompressor, usando a tecnologia de injeção direta. (FRIEDFELDT, 2012)

Um aliado para alcançar estas metas é o seu bloco de ferro fundido, que combina força com baixo custo. Para manter o peso competitivo, o bloco do motor tem de ser concebido o mais compacto possível. Esta exigência é em grande parte satisfeita através do pequeno espaço ocupado agora por três cilindros apoiados por um comprimento maior do cilindro, que também melhora a eficiência de combustão. (FRIEDFELDT, 2012)

O motor conta ainda com uma cabeça de cilindro em alumínio, integrando uma válvula de escape que diminui a temperatura, otimizando a proporção combustível/ar. O atrito do motor é reduzido pela utilização de revestimentos especiais nos pistões, anéis de baixa tensão nos pistões e um novo design da correia do comando de válvula em banho de óleo. Uma bomba de óleo de vazão variável gerencia o processo de lubrificação de acordo com as necessidades e otimiza a pressão do mesmo, melhorando a eficiência em termos de consumos.

Na tabela 01 podemos encontrar as dimensões principais, seleção de materiais e as métricas de desempenho do novo motor.

Tabela 1. Principais dimensões, seleções de materiais e métricas de desempenho do motor 1.0L turbo.

<b>Volume (cm³)</b>	999
<b>Comando de válvulas</b>	DOHC
<b>Válvulas/ cilindros</b>	4/3
<b>Relação de compressão</b>	10:1
<b>Max. Potência [kW a rpm]</b>	92 a 6000
<b>Max. Torque [Nm às rpm]</b>	170 em 1500-4500 (200 Nm overboost)
<b>Sistema de Combustível</b>	Injeção Direta
<b>Cabeça do cilindro</b>	Alumínio
<b>Bloco do cilindro</b>	Ferro Fundido
<b>Virabrequim</b>	Ferro Fundido
<b>Eixo de comando</b>	Ferro Fundido

#### 4.1. Consumo

Os valores anunciados pela fábrica em relação ao consumo do novo motor 1.0 EcoBoost, merecem destaque: entre 20,8 km/L e 20 km/L em percurso misto (cidade/estrada).

O tubo de exaustão fundido no cabeçote é um detalhe importante, capaz de reduzir a temperatura dos gases de escape e otimizar a relação ar/combustível em uma faixa mais ampla de rotação, o que também ajuda a economizar combustível. (LALLI, 2015)

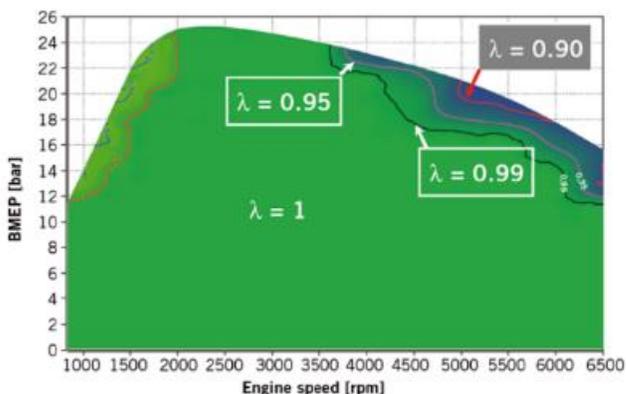


Figura 4. Motor trabalhando segundo regime estequiométrico.

Através da Figura 4, podemos observar que o motor trabalha segundo um regime estequiométrica em quase toda a gama de funcionamento, apenas numa pequena área perto da potência máxima, um enriquecimento muito moderado é necessário para atingir

o poder total. A combinação da excelente combustão e o conjunto de ações de design para a redução de atrito e bombeamento permite que o motor entregue uma economia de combustível em grande parte de sua gama operacional. (FRIEDFELDT, 2012)

Em dados divulgados pela Ford, os dados de consumo relacionados ao motor 1.6L são consideravelmente superiores ao motor 1.0L turbo. Possuindo um consumo de 11,0 Km/L em percursos no meio urbano e 14,3 Km/L em estradas. (FORD, 2016)

#### 4.2. Torque

Segundo dados divulgados pela Ford, o New Fiesta 1.6 apresenta dados de torque na gama de 157 Nm. O 1.0L turbo atinge valores de 179,46Nm.

O gráfico representado na Figura 5 apresenta de maneira combinada as curvas de torque dos motores 1.0L e 1.6L. Através dele, é possível notar que no motor 1.0L, o torque máximo é atingido em baixas rotações e que sua curva de torque fica plana a partir de 1400 rpm, o que é proporcionado em grande parte pelo turbo de baixa inércia que equipa o sistema, capaz de girar a até 248 mil rpm.

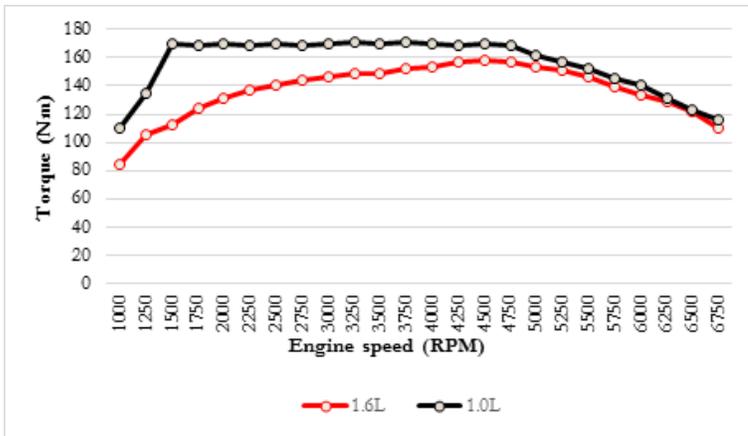


Figura 5. Curva de torque dos motores 1.0L turbo x 1.6L.

Apesar de muitos consumidores considerarem primeiramente a potência de motor, o torque também é fundamental para que o veículo tenha um desempenho satisfatório. Em regra, o motor com maior torque mostra mais força em baixas e médias rotações, as mais utilizadas pela maioria dos motoristas. Isso permite arrancar com mais agilidade, superar aclives e retomar velocidade em menor rotação e optar por uma transmissão de relações mais longas, com reflexos positivos no consumo e nível de ruído.

#### 4.3. Potência

A nova versão do motor recebeu nova calibração que lhe permitiu entregar mais potência. Porém, podemos perceber que como o motor 1.6L que atualmente equipa o New Fiesta já possui algumas novas tecnologias, como por exemplo o duplo comando de válvulas e a de

TiVct, a potência do 1.0L turbo é compatível, porém ligeiramente abaixo (o 1.0L apresenta uma potência de 125 cv). um ganho notório na potência é percebido quando comparado com o motor 1.5L que acompanha o veículo na sua versão de entrada, e não é dotado dessas tecnologias.

A Figura 6 representa as curvas de potência de ambos os motores. Pode-se observar que a potência do 1.0L é compatível com a do 1.6L, se mostrando muitas vezes superior. O compacto, porém, fica em leve desvantagem, em altas rotações, no valor máximo de potência atingido.

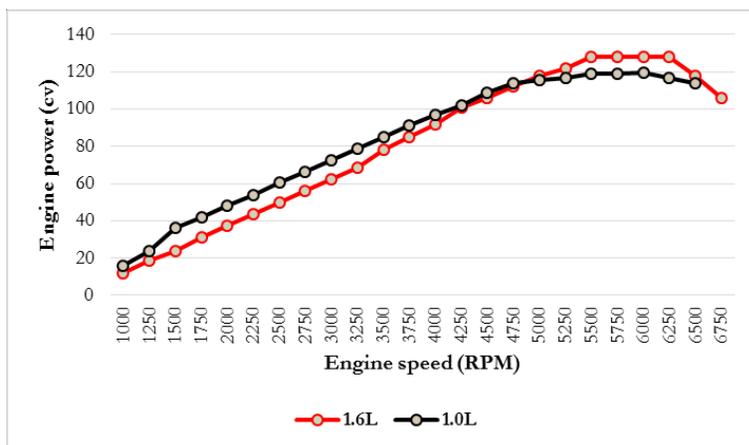


Figura 6. Curva de potência dos motores 1.0L turbo x 1.6L.

A potência máxima, é uma variável que influi diretamente na velocidade máxima e em grande parte do tempo de aceleração, os dois principais números do desempenho.

Por ter uma potência compatível com o motor 1.6L, o 1.0L não apresenta grandes dificuldades em subidas muito íngremes ou em ultrapassagens em rodovias, nem ao menos desvantagens no momento de percorrer grandes distâncias, alcançar maiores velocidades em pouco tempo, assim como retomá-las.

#### 4.4. Emissão de gases poluentes

Os dados divulgados em relação a emissão de CO<sub>2</sub> do compacto 1.0L são consideravelmente baixas, 109 g/km, quando comparado com veículos 1.6L, com injeção indireta, sem comando variável de válvulas e sem a adição de turbocompressor. Nesse tipo de motor, os dados chegam a 141 g/km.

Não existe perdas nem ganhos em relação ao 1.0L de outras montadoras e ao 1.6L Ford, tendo em vista que o motor 1.6L já possui tecnologias que auxiliam na redução de emissões.

Embora ainda não tenham sido divulgados, a gama de tecnologia adicionada ao 1.0L três cilindros, emprega uma maior confiabilidade nas condições de funcionamento do motor,

bem como a qualidade da mistura, o que indica uma menor emissão de gases nocivos ao homem e ao meio ambiente.

Um grande segredo dos motores mais modernos para diminuir o consumo e as emissões de poluentes é melhorar a capacidade do motor em chegar à temperatura ideal. Dados da Ford apontam que motores a gasolina são entre 10 a 12% menos eficientes quando estão frios, enquanto o EcoBoost 1.0 reduz essa margem para 7%. Para isso, o EcoBoost 1.0 tem bloco de ferro fundido, que esquenta o motor mais rápido que um bloco de alumínio convencional e reduz em 50% a quantidade de energia necessária para atingir a temperatura ideal de trabalho. (LALLI, 2015)

Os consumos de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> declaradas são medidos de acordo com os requisitos técnicos e especificações da Regulamentação Europeia (CE) 715/2007 e (CE) 692/2008, nas suas mais recentes redações. Os consumos de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> referem-se a uma determinada variante de veículo e não para uma unidade automóvel única. O procedimento do teste padrão aplicado permite a comparação entre diferentes tipos de veículos e fabricantes. Para além da eficiência de consumos de um automóvel, o comportamento ao volante, bem como outros fatores não-técnicos desempenham um papel na determinação das emissões de CO<sub>2</sub> e dos consumos de combustível de um automóvel. Os resultados podem diferir dos de outras regiões do mundo devido aos diferentes ciclos e regulamentações utilizadas nesses mercados.

## 5. Conclusão

No presente trabalho foram apresentados conceitos importantes para o entendimento de motores de combustão interna, tecnologias e modificações que incrementam esses motores, bem como a sua adaptação quanto aos anseios e necessidades do mercado e dos governos, no que tange a necessidade de veículos mais econômicos e com um menor índice de emissão de gases poluentes.

A revisão bibliográfica tem grande relevância no processo de pesquisa, pois fundamenta toda análise a ser realizada a cerca do estudo de caso. No entanto, percebe-se que a ausência de realização de testes e procedimentos demanda um maior aprofundamento em trabalhos posteriores, tendo em vista que todos os dados referentes aos motores analisados, são divulgados pela própria montadora

Além da limitação de fontes, os dados fornecidos diferem da realidade dos motoristas, pois, apesar de seguirem normas e procedimentos para se alcançar os números divulgados, as empresas realizam os testes em condições ideais, o que muitas vezes não condiz com o dia a dia dos motoristas.

Contudo o objetivo principal foi alcançado. Com a revisão bibliográfica, percebeu-se que a diminuição (downsizing) desses motores, atrelada a uma ou mais soluções tecnológicas apresentadas anteriormente é uma alternativa viável e promissora para o prolongamento da vida útil desse equipamento, além de apresentar grande confiabilidade no processo de redução da cilindrada, manutenção e por vezes aumento da potência, torque e resposta ao acelerador, e economia de combustível sem uma diminuição na performance do carro.

A potência do propulsor 1.0L três cilindros se mostrou superior a outros motores de mesma cilindrada, e compatível com motores 1.5L e 1.6L. Quanto a emissão de gases poluentes (principalmente o CO<sub>2</sub>), percebe-se que as tecnologias empregadas auxiliam nesse

processo, tornando os dados do 1.0L ecoboost satisfatórios em relação aos motores de cilindradas superiores.

Ao sairmos de um motor quatro cilindros para um de três cilindros, temos um número menor de componentes (um cilindro a menos exclui também um pistão, uma biela e reduz as dimensões do bloco, cabeçote, comando de válvulas e virabrequim), tendo como resultado um motor mais leve que um similar de quatro cilindros.

Com um cilindro a menos, o propulsor passa também a consumir menos combustível, porém a estratégia do downsizing tem como meta que essa economia de combustível não venha atrelada a uma perda de potência, e para isso, faz uso de diversas tecnologias como injeção direta, comando de válvulas variáveis, adição do turbocompressor, dispositivos esses que encarecem o valor do motor, e muitas vezes o público não está disposto a pagar por isso.

Uma outra desvantagem verificada nesse tipo de motor é a maior vibração em altas rotações. O efeito acontece devido o desequilíbrio de massas causado por sua configuração, merecendo destaque por parte das montadoras para alterações voltadas a atenuar o problema.

## 6. Referências

- [1] ALMEIDA, M., YAZBEK, P. Os carros com menor consumo de combustível de 2015. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/noticias/os-carros-com-menor-consumo-de-combustivel-de-2015>> Acesso em 02 de março de 2016.
- [2] BARATA, J. FlatOut – Torque e potência. Disponível em <<http://www.flatout.com.br/qual-diferenca-entre-torque-e-potencia/>> Acesso em 23 de fevereiro de 2016.
- [3] RUNETTI, F. Motores de combustão interna: volume 1. São Paulo: Blucher, 2012.
- [4] BRUNETTI, F. Motores de combustão interna: volume 2. São Paulo: Blucher, 2012.
- [5] CONTESINI, L. Como funciona o comando variável de válvulas?. Disponível em <<http://www.flatout.com.br/como-funciona-o-comando-variavel-de-valvulas/>> Acesso em 19 de Março de 2016
- [6] COSTA, P.G. A bíblia do carro, 2002, pp. 1.244
- [7] CURTIS, E. KUNDE T. et al. EcoBoost: Downsized Gasoline DI Turbo Engines as the Backbone of Ford's CO2 and Fuel Economy Product Strategy. 2010.
- [8] DIAS, A. Entenda a ficha técnica do seu veículo. Disponível em <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2014/01/entenda-a-ficha-tecnica-do-seu-veiculo/>> Acesso em 23 de fevereiro de 2016.
- [9] FILHO, V. S. F. PASCOAL, E. T. Et al. Inovar-Auto & alianças estratégicas: um novo cenário de cooperação para montadoras e fornecedores de auto-peças. 2013.
- [10] FORD BRASIL. New Fiesta: Performance. Disponível em <<http://www.ford.com.br/carros/new-fiesta-hatch/performance?intcmp=vhp-module-features>> Acesso em 26 de Março de 2016.
- [11] FORD. Twin Independent Variable Camshaft Timing (Ti-VCT). Disponível em <[http://www.at.ford.com/news/publications/publications/ti\\_vct\\_engine\\_technology\\_fs.pdf](http://www.at.ford.com/news/publications/publications/ti_vct_engine_technology_fs.pdf)> Acesso em 6 de fevereiro de 2016
- [12] FRIEDFELDT, R. ZENNER, T.ERNST, R. FRASER, A. Three-cylinder gasoline engine with direct injection. ATZ autotechnology. Volume 12, 2012.

- [13] GUEDES, P. Downsize, onde menos é mais. Disponível em <<http://www.formula.ufscar.br/blog/downsize-onde-menos-e-mais/>> UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. Acesso em 02 de março de 2016.
- [14] HURTADO, D. K. SOUZA, A. A. A evolução do sistema de injeção de combustível em motores ciclo otto: uma análise crítica desde suas implicações no meio ambiente à regulamentação legal no sistema normativo pátrio.. Revista Eletrônica do Curso de Direito – UFSM. ISSN 1981 – 3694. 2013.
- [15] IBAMA. Programas de controle de emissões veiculares. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/programa-proconve>> Acesso em 19 de Março de 2016
- [16] INMETRO. Programa brasileiro de etiquetagem veicular. Disponível em <[http://pbeveicular.petrobras.com.br/Arquivos/Guia\\_PBE\\_Veicular\\_INMETRO.pdf](http://pbeveicular.petrobras.com.br/Arquivos/Guia_PBE_Veicular_INMETRO.pdf)> Acesso em 23 de fevereiro de 2016.
- [17] KESGIN, U. Effect of turbocharging system on the performance of a natural gas engine. Department of Naval Architecture, Mechanical Engineering Faculty, Yildiz Technical University, TR 34 349 Besiktas, Istanbul, Turkey, 2005.
- [18] LALLI, F. Tecnologia EcoBoost: economia e alto desempenho andando juntos. Disponível em <<http://omecanico.com.br/tecnologia-ecoboost-economia-e-alto-desempenho-andando-juntos/> LALLI 2015> Acesso em 23 de fevereiro de 2016.
- [19] MAHLIA, T.M.I.; TOHNO, S. TEZUKA, T. International experience on incentive program in support of fuel economy standards and labelling for motor vehicle: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy. Reviews 25, 18–33. 2013
- [20] MENDES, F. E. Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2004
- [21] OBERT, E. F. Motores de combustão Interna. Editora Globo. Porto Alegre – Rio Grande do Sul, 1971.
- [22] PÁDUA, E. M. de. Metodologia da pesquisa – Abordagem Teórico-Prática. – 11ª ed. Ver. E atual. – Campinas, SP: Papirus, 2005.
- [23] PARKER, A. Como funcionam os motores de injeção direta. Disponível em <<http://carros.hsw.uol.com.br/motores-de-injecao-direta3.htm>> Acesso em 02 de março de 2016
- [24] PULKRABEK, W.W. Engineering fundamentals of the internal combustion engine .i University of Wisconsin – Platteville, 2003. 2ª edição.
- [25] RODRIGUES, T. M. Downsizing em motores de combustão interna: uma abordagem de inovação tecnológica. São Caetano do Sul, SP. CEUN-IMT, 2014.
- [26] SILVEIRA, F. L. Cilindrada, rotação, taxa de compressão e potência do motor. UFRGS, Porto Alegre - 2013. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/creff/?area=questions&id=547>> Acesso em 12 de abril de 2016.
- [27] STUHLDRER, M., SCHENCK, C., BRAKORA, J., HAWKINS, D. et al., Downsized boosted engine benchmarking and results. SAE Technical Paper 2015-01-1266, 2015, doi: 10.4271/2015-01-1266.
- [28] TRIVIÑOS, Augusto N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2013.

