

## **Prêmio AEA 2020 - Projetos de Meio Ambiente**

# **PACOTE DE ANÉIS EURO 6 DE BAIXA EMISSÃO DE PARTICULADO COM ETANOL E SEM FILTRO**

Bruno Fineto, Rafael Antonio Bruno

MAHLE Metal Leve

### **RESUMO**

O principal objetivo deste trabalho é mostrar como motores desenvolvidos para legislação EURO 6 podem atingir baixa emissão de particulado combinando um pacote de anéis de alto poder de raspagem e vedação com o combustível etanol e sem a utilização do filtro de particulado.

Com o crescimento populacional e a crescente organização das pessoas em grandes centros urbanos conhecidos como megacidades, o mundo enfrenta um grande desafio de saúde pública com a poluição. Por isso, cada vez mais os órgãos responsáveis pelas legislações vigentes determinam limites de emissão de poluentes atmosféricos para o setor automotivo, o qual acompanha o crescimento e desenvolvimento populacional.

A emissão de particulados na atmosfera é responsável por algumas doenças atreladas ao sistema respiratório humano, como por exemplo: asma, arritmia, diminuição da eficiência pulmonar, infarto e tosse crônicas. Além disso, o tamanho desses particulados também é importante, pois quanto menor a partícula mais agressiva ela é para o ser humano, podendo penetrar até mesmo na corrente sanguínea e causar maiores danos à saúde.

Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram-se promissores para o controle de particulados emitidos para atmosfera e para o avanço das legislações locais. Com a utilização de um pacote de anéis otimizado para um excelente consumo de óleo atrelado a utilização de um combustível mais limpo, o etanol, foi observado uma diminuição de 90% na emissão do número de particulados para o ambiente em um motor com injeção direta, sem filtro de particulado e nenhum controle específico para melhor estratégia de injeção de combustível. Isso mostra o Brasil preparado para contar com número de particulados na legislação ainda não previsto no Proconve.

### **Aplicabilidade**

A aplicabilidade deste trabalho é para motores de combustão interna flex fuel, preferencialmente com etanol, e sistema de injeção direta.

## Objetivo

O objetivo deste trabalho é mostrar como motores desenvolvidos para legislação Euro 6 podem atingir baixa emissão de particulado combinando um pacote de anéis específico com o combustível etanol sem a utilização do filtro de particulado.

### 1. Introdução

Os dados mais atuais sobre a população mundial mostram que praticamente metade das pessoas vive em áreas urbanas. Mais precisamente, muitas delas estão aglomeradas em cidades e em megacidades, as quais possuem mais de 10 milhões de habitantes em uma determinada região. Acompanhando o crescimento populacional, os desenvolvimentos da indústria, das formas de geração de energia, da agricultura, das habitações e dos meios de transporte crescem rapidamente. Consequentemente, alguns impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública são observados como, por exemplo: aumento da poluição atmosférica e aumento de doenças respiratórias.

De forma a controlar os impactos causados pelos desenvolvimentos de veículos automotores na poluição do meio ambiente, as grandes organizações mundiais criaram legislações para regulamentação dos níveis de poluição permitidos ao longo dos anos. Assim, os desenvolvimentos de novas tecnologias nesse setor são essenciais para o crescimento sustentável da população.

Como foco desse trabalho, os motores a combustão interna contribuem com a emissão de poluentes e particulados para o ambiente. Uma das legislações mais representativas no mundo, a EURO, tem como objetivo melhorar a qualidade do ar dando mais esperança de vida a população dos centros urbanos. A legislação em vigor hoje na Europa, a EURO 6, possui em sua regulamentação limites de emissão de gases poluentes também quanto ao número de particulados (PN sigla inglês de Particulate Number) de  $6.0 \times 10^{11}$  [# / km] para veículo movidos a gasolina com injeção direta [1]. Os limites estão representados na Tabela 1.

O Proconve (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) que regulamenta os limites de emissão de poluentes atmosféricos no Brasil tem como objetivo reduzir as emissões de poluentes e de ruído de todos os modelos de veículos automotores vendidos no território nacional [2]. Como as legislações brasileiras tendem acompanhar as legislações europeias, no PROCONVE P7, por exemplo, o qual regulamenta a emissão de veículos pesados, está presente o limite para emissão de particulados em massa, porém para veículos leves, na regulamentação atual, não foi definido nenhum limite para número e massa de particulados.

Tabela 1 - Limites de emissões da legislação EURO 5 e 6 para veículos leves.

Poluente	EURO 5 Veículos Leves		EURO 6 Veículos Leves	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
CO	1.0	0.5	1.0	0.5
HC	0.1	-	0.1	-
HC+Nox	-	0.23	-	-
Nox	0.06	0.18	0.06	0.08
PM	0.005	0.005	0.005	0.005
PN [# /km]	-	$6.0 \times 10^{11}$	$6.0 \times 10^{11(*)}$	$6.0 \times 10^{11}$

(\*) Aplicado somente para motores com injeção direta.

A evolução das legislações está acrescentando grandes discussões nos procedimentos de medições da emissão de poluentes e particulados. Quando se trata de massa do particulado, os sistemas de medição utilizados hoje em dia para medirem os tamanhos das partículas podem chegar aos seus limites de precisão. Uma alternativa para controle de emissão de particulados é medir a quantidade de particulado emitido na atmosfera.

A emissão de particulados de vários tamanhos na atmosfera afeta diretamente diferentes zonas do sistema respiratório humano, como pode ser visto na Figura 1. Os particulados penetram profundamente no sistema respiratório humano pela inalação do ar em que eles estão presentes contaminando todo o sistema com várias substâncias tóxicas. Essas são absorvidas nas superfícies dos órgãos como faringe, traqueia, brônquios e alvéolos. O tamanho desses particulados também é importante, pois quanto menor a partícula mais agressiva ela é para o ser humano, podendo penetrar até mesmo na corrente sanguínea e causar maiores danos à saúde. Algumas doenças relacionadas à emissão de particulados são: asma, arritmia, diminuição da eficiência pulmonar, infarto e tosse crônicas.

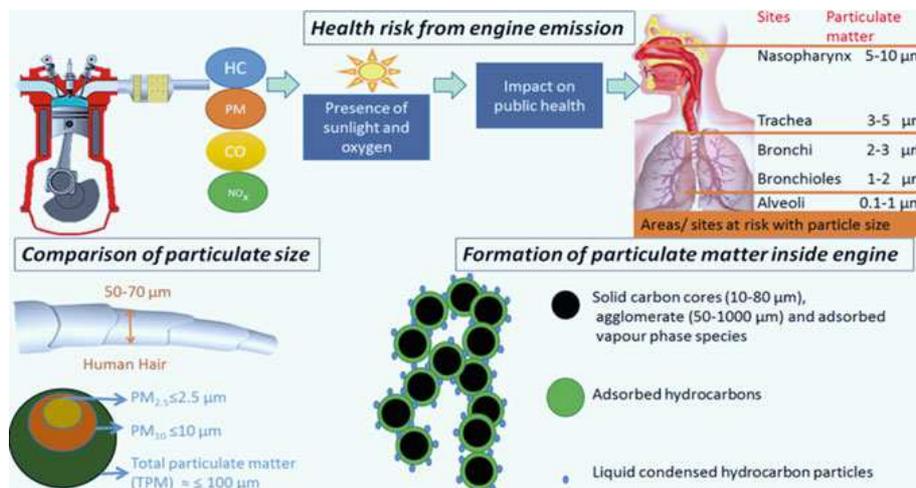


Figura 1 - Emissão de particulados de motores de combustão interna [3].

Diante de todo o cenário apresentado sobre a importância dos limites de emissão de particulados, o setor automotivo tem algumas formas de controle e diminuição dessas emissões que são bem conhecidas. Sendo assim, para atendimento dessas demandas a utilização de filtro de particulado em combinação com um pacote de anéis otimizado que garante baixo nível de consumo de óleo é observado nas aplicações de motores de combustão interna leves EURO 6.

Com o avanço da flexibilidade do mercado e a necessidade da otimização de recursos de desenvolvimento, os novos projetos de motores desenvolvidos pelas montadoras de automóveis em parceria com a indústria de autopeças estão buscando a comunização da gama de produtos e a intercambialidade entre eles. Como exemplo, pode-se citar o desenvolvimento de um motor em um determinado país e a aplicação desse mesmo motor para todos os mercados do mundo que utilizarão as mesmas especificações requeridas, sendo necessária apenas uma regionalização de alguns componentes para atendimento específico do mercado local. No caso do Brasil, normalmente esses motores são desenvolvidos para atender as normas EURO 6 e adaptados regionalmente para trabalharem com dois combustíveis: etanol e gasolina, sem filtro de particulado e sem controles avançados de estratégias na injeção de combustível, atendendo às legislações locais.

A MAHLE tem a responsabilidade de suportar as grandes montadoras de veículos automotores no desenvolvimento de tecnologias de ponta em componentes, fornecendo sempre a melhor tecnologia para o pacote de anéis. A qualidade do combustível utilizado também contribui para a quantidade e tamanho do particulado emitido. Como alternativa de otimização, utilizando um pacote de anéis com excelente desempenho em consumo de óleo e combustível etanol em um motor sem filtro de particulado é possível atingir os limites da legislação EURO 6.

## 2. Método

Os motores de injeção direta estão sendo cada vez mais aplicados no setor automotivo. Esses motores têm como vantagem a economia de combustível devido ao sistema de injeção de combustível e alto desempenho devido aos novos controles eletrônicos [4]. Entretanto, esses motores emitem mais particulados do que os motores MPI (sigla em inglês de Multi-Point Injection) por conta do tempo de formação de mistura ser reduzido e as moléculas não conseguem se aglomerar homoganeamente.

De forma a demonstrar a influência de um pacote de anéis adequado, foram realizados na MAHLE Alemanha dois testes em um motor gasolina 1.5l 54kW/l com injeção indireta (MPI) e filtro de particulado. Os testes compararam um pacote de anéis EURO 5 contra um pacote de anéis otimizado para a demanda vigente (EURO 6).

Na sequência, dois testes em um motor 1.0l 77kW/l com injeção direta e sem filtro de particulado desenvolvido para atender a legislação EURO 6 mas nacionalizado para trabalhar com etanol e gasolina foram realizados na MAHLE Brasil. Os testes compararam um pacote de anéis EURO 6 não otimizado contra um pacote de anéis EURO 6 otimizado e foram realizadas 10 medições do ciclo dinâmico. Adicionalmente, testes utilizando o combustível etanol foram realizados para demonstrar a influência do combustível no nível de emissão de particulados. Como foi realizada somente a troca de combustível, o efeito do amaciamento não seria mais observado. Sendo assim, somente três medições do ciclo dinâmico foram feitas para cada versão testada.

Para avaliar o PN nos testes de motor foi utilizado o equipamento da AVL Advanced System 489 para contagem das partículas maiores que 23nm de diâmetro em um dinamômetro ativo de bancada, o qual pode avaliar condições onde o freio motor é

utilizado e ciclos de start-stop. Os testes foram validados de acordo com a boa repetibilidade do ciclo dinâmico testado (WLTC da sigla inglês Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle). Por isso, todos os testes foram realizados no mesmo dinamômetro com os mesmos equipamentos de medição e foram feitas 10 medições do ciclo dinâmico evidenciado na Figura 2 para capturar o efeito do amaciamento. Adicionalmente, combustível certificado e óleo de motor do mesmo lote foram utilizados, pois é conhecido que o nível de emissões de particulado é sensível aos mesmos.

Importante ressaltar que a legislação que rege a medição de PN determina um limite de  $6.0 \times 10^{11}$  [# / km] no ciclo dinâmico WLTC, entretanto o teste deve ser feito em um dinamômetro de rolo e não de bancada. Portanto, o limite de emissão de particulado foi utilizado como referência para demonstração dos níveis de emissão atingidos.

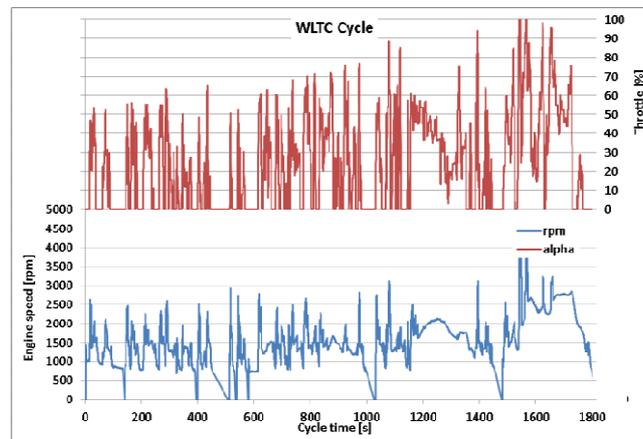


Figura 2 - Representação do ciclo dinâmico de medição de emissão de particulado (WLTC).

### 3. Resultados

A Figura 3 mostra os resultados obtidos de PN para um motor gasolina 1.5l 54kW/l com injeção indireta (MPI) que rodou com o combustível certificado gasolina E10 (RON95). Atenção que cada teste utilizou o mesmo motor e pacote de anéis diferente, representativos de sua versão EURO. O pacote de anéis EURO 6 otimizado foi determinante para que os valores de PN ficassem abaixo dos limites estipulados pela legislação durante todo o ciclo.

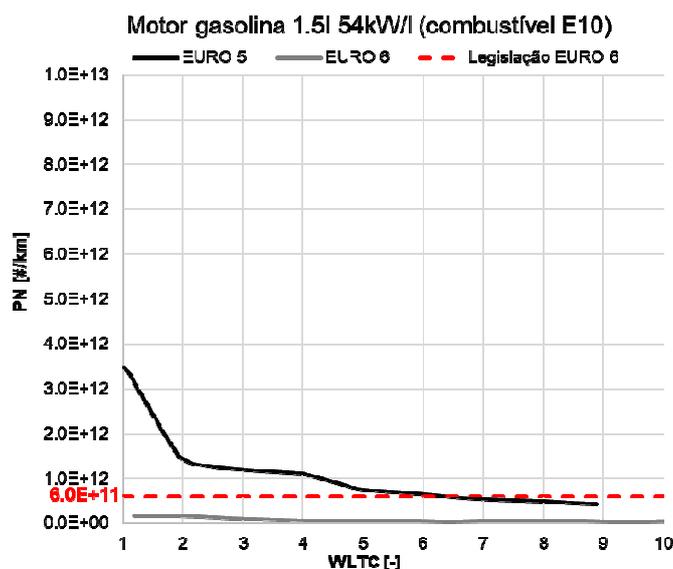


Figura 3 - Teste 1 - Motor MPI com filtro de particulado (E10).

A Figura 4 mostra os resultados obtidos de PN para um motor Flex 1.0l 77kW/l com injeção direta (DI) que rodou com o combustível certificado gasolina E25. O pacote de anéis EURO 6 otimizado sozinho não foi capaz de atingir valores de PN abaixo dos limites estipulados pela legislação. De acordo com a literatura, o filtro de particulado pode reduzir por volta de 86% o número de particulado. Sendo assim, os resultados obtidos do número de particulado para motores sem filtro de particulado estão de acordo com o esperado.

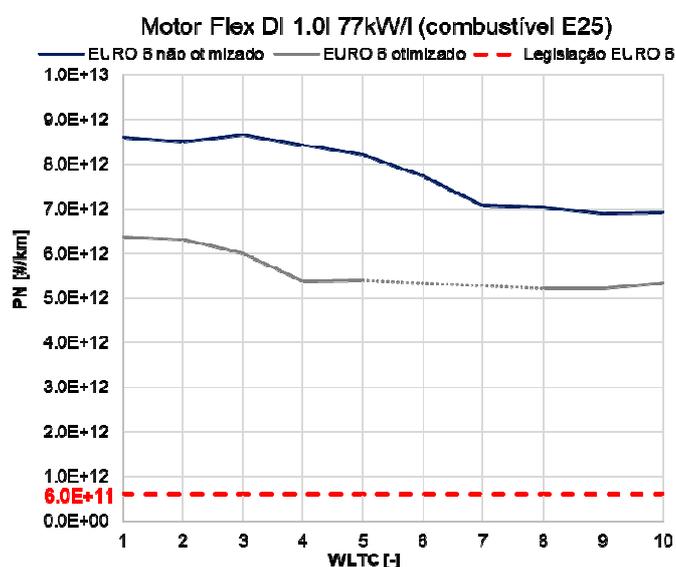


Figura 4 - Teste 2 - Motor DI sem filtro de particulado (E25).

A Figura 5 mostra os resultados obtidos de PN para um motor Flex 1.0l 77kW/l com injeção direta (DI) que rodou com o combustível certificado etanol E100. O pacote de anéis EURO 6 otimizado combinado com o combustível etanol foi capaz de atingir valores de PN abaixo dos limites estipulados pela legislação. Comparando somente a fase após amaciamento, ou seja, as últimas três medições dos testes realizados com combustível E25 com as três medições realizadas com o combustível E100

observa-se uma redução de aproximadamente 90% de emissão de número particulado.

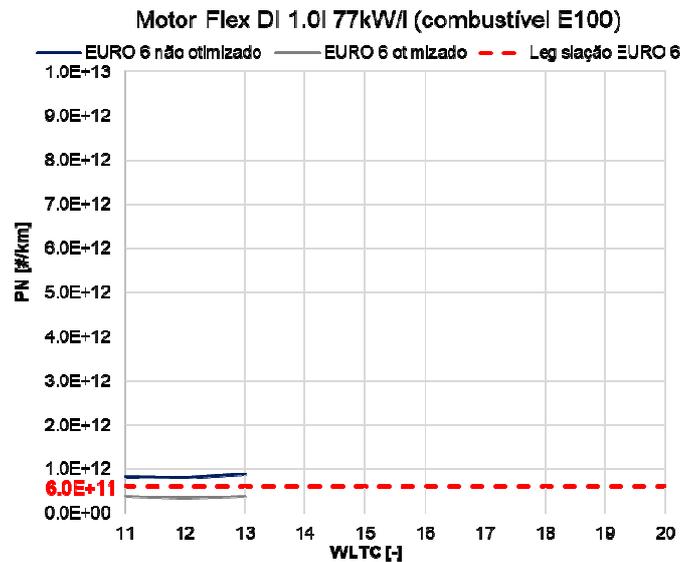


Figura 5 - Teste 3 - Motor DI sem filtro de particulado (E100).

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nesse trabalho mostraram-se promissores para o controle de particulados emitidos para atmosfera e para o avanço das legislações locais. Com a utilização de um pacote de anéis otimizado para um excelente consumo de óleo atrelado a utilização de um combustível mais limpo, o etanol, foi observada uma diminuição de 90% na emissão do número de particulados para o ambiente em um motor com injeção direta, sem filtro de particulado e nenhum controle específico para melhor estratégia de injeção de combustível. Isso mostra que é acertada a decisão do ROTA 2030 em dar preferência pelo Etanol não só pela pegada de gases de efeito estufa, mas também quanto à emissão de particulados, mesmo que essa ainda não esteja prevista em nenhuma versão da legislação Proconve.

## REFERÊNCIAS

- [1] WILLIAMS, Martin, MINJARES, Ray. A Technical summary of EURO 6/VI vehicle emission standards. 2016. Disponível em: <[https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_Euro6-VI\\_briefing\\_jun2016.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Euro6-VI_briefing_jun2016.pdf)>. Acesso em: 2020-04-15.
- [2] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções do CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília: MMA, 2012. 1126p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LibroConama.pdf>>. Acesso em: 2020-04-15

[3] SHARMA, Nikhil, AGARWAL, Avinash Kumar. Effect of the fuel injection pressure on particulate emissions from a gasohol (E15 and M15)-fueled gasoline direct injection engine. *Energy Fuels*, 31:4155–4164, 2017.

[4] SHARMA, Nikhil, AGARWAL, Avinash Kumar. Gasoline direct injection engines and particulate emissions. *Air Pollution and Control, Energy, Environment, and Sustainability*, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2018.