

Redução na Emissão de Partículas de Motores Diesel Contribui para o Combate às Mudanças Climáticas

Alfred Szwarc e Gabriel Murgel Branco – especialistas em prevenção e controle da poluição veicular e consultores técnicos da AFEEVAS – abordam a origem, decorrências e malefícios da emissão de material particulado gerado pelos motores de combustão interna, bem como a importância de se reduzir a emissão dessas partículas, também precursoras do aquecimento global, em linha com recentes legislações para mitigação das mudanças climáticas.

Uma das características marcantes dos motores de combustão interna em termos de emissão de poluentes é a emissão de partículas. Dentre os diversos tipos, os motores Diesel e os motores à gasolina com injeção direta de combustível (GDI) são os que apresentam o maior potencial de geração de partículas por causa da heterogeneidade da mistura ar-combustível, inerente à sua concepção.

Os riscos e os efeitos à saúde associados à emissão dessas partículas para a atmosfera são conhecidos há vários anos e tem sido, especialmente no caso dos motores Diesel, a principal força motivadora para a sua redução em um grande número de países. No Brasil, as diversas etapas do PROCONVE¹ tem promovido ao longo dos anos um substancial controle dessa emissão nos veículos novos. Por outro lado, quando o foco é a frota de veículos em uso, o controle da emissão de fumaça através de operações de fiscalização em campo, ou por meios de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos, é ainda muito limitado no país.

A partir de meados da década de 2000, diversos estudos elaborados pelo Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC) passaram a indicar que as partículas finas (de tamanho inferior a 2,5 micra – MP_{2,5}) geradas por processos de combustão, também poderiam ter impacto sobre o clima do planeta, por apresentarem “forçamento radiativo” positivo². No caso das fontes móveis de poluição do ar, esses estudos focaram a sua atenção nos veículos, máquinas e embarcações equipados com motor Diesel, dada a sua significativa contribuição em termos de emissão de MP_{2,5} e ampla utilização em todo o mundo. Quanto aos veículos equipados com motores do ciclo Otto que utilizam a tecnologia GDI, apesar de haver preocupações em termos de impacto na saúde das partículas ultrafinas geradas (de tamanho inferior a 0,01 micra –

¹ **PROCONVE** - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

² **Forçamento radiativo** é definido como sendo uma variação no balanço entre a energia incidente e a emergente do planeta e é expresso em W/m². Quando o seu valor é positivo indica maior presença de energia no sistema Terra-atmosfera, o que causa aquecimento da superfície do planeta, alteração nos regimes de chuvas e outros efeitos, tanto em escala regional como global. Esses efeitos podem variar na sua duração e intensidade dependendo das emissões e do local.

MP_{0,01}), ainda há incertezas científicas quanto ao seu papel no complexo processo de aquecimento global. Além disso, como se trata de tecnologia relativamente nova, a sua presença no mercado é significativamente menor. Portanto, o controle das partículas MP_{2,5} emitidas pelos motores Diesel ganhou importância adicional, recebendo atenção redobrada das agências ambientais e da comunidade científica internacional.

As partículas MP_{2,5} geradas por motores diesel podem ser genericamente divididas em três grupos, em função de suas características físicas e químicas: 1) a fração sólida, composta basicamente por carbono elementar, cinzas e traços de metais; 2) a fração composta por substâncias orgânicas solúveis, originadas do combustível e do óleo lubrificante do motor e 3) compostos de enxofre e de nitrogênio, principalmente sulfatos e nitratos. Destaca-se, em termos de seu impacto no clima, uma fração conhecida como “Carbono Negro - CN”, que corresponde a todo o carbono presente de cor negra, ou seja, o carbono elementar e a fuligem formada pela combustão parcial de compostos orgânicos. O CN absorve energia solar de forma intensa numa ampla faixa do espectro, que inclui a radiação infravermelha, a radiação visível e a radiação ultravioleta. Essa característica torna o CN importante elemento no complexo processo de intensificação do efeito estufa, responsável pelo aquecimento global e mudanças climáticas, embora o gás carbônico – CO₂ seja considerado o principal indutor de efeito estufa no gás de exaustão dos motores que utilizam combustíveis fósseis.

A fração CN das partículas geradas pela combustão do óleo diesel varia consideravelmente, dependendo das características do combustível e do motor, do regime de operação do motor e de outras variáveis, como o consumo de óleo lubrificante. Registros na literatura³ indicam que o CN pode chegar a representar até 83% da massa do MP_{2,5}. Um estudo conduzido em 2006 na Califórnia⁴, EUA, mostrou que o CN representava cerca de 50% da massa do MP_{2,5} gerado pela frota local de veículos diesel.

Estudo da EPA⁵, agência ambiental dos EUA, e outros trabalhos, indicam que, do total da emissão global de 7.6 milhões de toneladas de CN em 2000, 19% se deve ao transporte de superfície e marítimo, sendo que 9% é atribuído exclusivamente ao transporte rodoviário (99% dessa emissão é gerada por motores diesel).

A persistência da presença das partículas MP_{2,5} na atmosfera é estimada em períodos de dias a semanas, até que haja contato com alguma superfície que as retenha ou sofram deposição por precipitação. Essa característica dá às partículas grande

³ Reducing Black Carbon Emissions From Diesel Vehicles: Impacts, Control Strategies, and Cost-Benefit Analyses, The World Bank, Washington, DC, 2014.

⁴ Chow, J., Watson, J., Lowenthal, D., Chen, L.-W., and Motallebi, N. , Black and Organic Carbon Emission Inventories: Review and Application to California. Journal of the Air and Waste Management Association 60 (4): 497–507, 2010.

⁵ Report to Congress on Black Carbon, EPA-450/R-1-001, U.S.EPA, March 2012.

mobilidade e facilita o seu transporte por longas distâncias, o que permite que atinjam regiões distantes de sua origem.

Embora os veículos diesel sejam tradicionalmente considerados mais “benignos” em termos do aquecimento global do que os veículos atuais com motor do ciclo Otto (movidos a gasolina, a etanol e a GNV), por proporcionarem maior eficiência energética por quilômetro e, conseqüentemente, gerarem menor emissão de CO₂, o quadro pode mudar consideravelmente quando se avalia o impacto da totalidade de sua emissão. Com o auxílio de um modelo climático, cientistas demonstraram que se um automóvel diesel for comercializado sem um filtro de partículas (veículo com tecnologia Euro 4⁶ ou anterior) causará, com a emissão de poluentes resultante de um ano de operação, aquecimento do ambiente superior ao de um veículo similar à gasolina operando ao longo de um período de dez anos⁷. Este fato é atribuído à emissão de CN e de NOx, gás gerado em elevadas concentrações pelo motor diesel que é precursor do ozônio troposférico⁸, e que também contribui para o aquecimento global. O conceito adotado nessa análise também é válido para o caso de um veículo diesel, leve ou pesado, equipado originalmente com filtro de partículas, mas que tenha tido retirado esse filtro, ou que o mesmo tenha sido substituído por outro, de qualidade inferior, que apresente emissão superior à do original.

Existem diversas possibilidades para a redução da emissão de CN que devem ser consideradas para a continuação do uso de motores Diesel e, também, para a inserção dos motores com sistemas GDI no mercado:

- Controle da geração das partículas no motor, com o aprimoramento do processo de combustão e calibração apropriada do motor;
- Pós-tratamento da emissão de partículas por meio de catalisadores de oxidação associados ou não a filtros de partículas; esses sistemas são instalados no sistema de escapamento do motor;
- “Retrofit” de veículos ou motores antigos com sistemas de pós-tratamento de emissão de partículas, como descrito acima, podendo também haver substituição dos motores por outros mais modernos e menos poluentes;
- Programas de renovação de frota, com sucateamento dos veículos e motores retirados de uso;

⁶ Euro 4 é uma denominação de uma das etapas de controle de emissão que foi implementada na União Europeia. Somente a partir da entrada em vigor da etapa Euro 5, que trouxe limites de emissão mais restritivos, é que a indústria automobilística passou a utilizar os filtros de partículas.

⁷ Minjares, R., Blumberg, K., & Posada Sanchez, F., Alignment of Policies to Maximize the Climate Benefits of Diesel Vehicles through Control of Particulate Matter and Black Carbon Emissions. *Energy Policy*, 1–8. doi:10.1016/j.enpol.2012.09.053, 2012.

⁸ Poluente formado a partir de reações fotoquímicas na baixa atmosfera e que tem impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde. Não deve ser confundido com o ozônio formado na estratosfera e que tem ação benéfica ao proteger o Planeta de diversos tipos de radiação, especialmente da radiação ultravioleta.

- Programas de fiscalização da emissão de poluentes em campo;
- Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso;
- Outras medidas envolvendo políticas públicas e mecanismos de prevenção, controle e incentivos fiscais que limitem o uso de veículos diesel com elevado potencial poluidor.

É oportuno ressaltar que o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso da cidade de São Paulo (I/M-SP), que esteve em operação de 2008 a 2013, possibilitou nesse período a redução de, aproximadamente, 30% da emissão de partículas MP_{2,5} da frota inspecionada, o que representaria proporção igual ou superior de CN, visto que as correções da emissão de fumaça atuam predominantemente na formação de fuligem e, portanto, na maior parte da massa da emissão evitada de partículas finas pelos veículos diesel. A interrupção do programa em 2014 pela administração municipal, e sua retomada em prazo ainda não definido, indica que em 2014 haverá provável aumento na emissão de MP_{2,5} e de CN. Observa-se, portanto, a dupla importância de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso para os veículos Diesel, que deveriam ser implantados rapidamente nas principais regiões urbanas do país e, sem excluir outras possibilidades, junto aos grandes centros de logística de transporte rodoviário e empresas de transporte coletivo.

Por outro lado, é preciso reconhecer que a entrada em vigor dos limites de emissão P7 do PROCONVE, em 2012, e dos limites L6, em 2014, juntamente com a oferta a partir de 2012 de óleo diesel com melhor qualidade e menor potencial poluidor, contribuiu para a redução na emissão de CN de forma significativa. Embora ainda não haja limites de emissão específicos para o CN, a adoção futura no Brasil de limites restritivos para a emissão de partículas, como estabelecido nas mais recentes versões das legislações ambientais da União Europeia e dos EUA, promoverá a utilização de filtros de partículas em motores diesel e motores Otto com sistemas GDI, resultando em expressivos benefícios ambientais, uma vez que esses filtros são muito efetivos na redução do carbono negro. A conjugação das necessidades de defesa da saúde pública e da redução da emissão dos precursores do aquecimento global, em linha com recentes legislações para mitigação das mudanças climáticas, requer a estruturação de políticas públicas e estratégias voltadas tanto para a continuidade do processo de redução progressiva da emissão de partículas por motores e veículos novos, como pelos que estão em uso, inclusive os motores diesel estacionários e os de máquinas rodoviárias e não rodoviárias.