

REDUÇÃO DA EMISSÃO EVAPORATIVA DO VEÍCULO EM MOVIMENTO E NO REABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL

Alfred Szwarc¹, Elcio Luiz Farah², Gabriel Murgel Branco³ e Fábio Cardinale Branco³

¹ADS - Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável

²AFEEVAS – Associação dos Fabricantes de Equipamentos para Controle de Emissões Veiculares da América do Sul

³EnvironMentality – Tecnologia com Conceitos Ambientais

E-mails: alfred.ads@terra.com.br; gabriel.tcl@uol.com.br; diretorexecutivo@afeevas.org.br

RESUMO

A formação de ozônio na atmosfera decorre de reações fotoquímicas entre as emissões de compostos orgânicos voláteis – COV e óxidos de nitrogênio, sendo predominantemente determinada pela concentração de COV na Região Metropolitana de São Paulo.

O PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores vem buscando restringir estas emissões ao nível do estado da arte no Brasil, entretanto a emissão evaporativa de combustível ainda carece de maior atenção e existem soluções simples, de baixo custo e de grande eficácia que podem ser aplicadas aos veículos brasileiros.

As fontes principais de emissão evaporativa são devidas ao aquecimento do combustível por 1) exposição ao sol com o veículo estacionado; 2) após o desligamento do motor; 3) durante o seu movimento; 4) por permeação em materiais poliméricos e 5) durante o abastecimento. Dessas fontes, apenas as duas primeiras são objeto de controle pelo PROCONVE, restando as demais sem restrição, com valores aproximadamente dez vezes maiores que a emissão de VOC pelo escapamento.

Além disso, emissão idêntica à de reabastecimento ocorre nas instalações de transferência e armazenagem de combustível, portanto distante do veículo, que também deve ser objeto de um programa específico de controle.

1. INTRODUÇÃO

A emissão de compostos orgânicos voláteis – COV é um fator determinante na formação de ozônio na atmosfera dos grandes centros urbanos. Essa emissão é formada principalmente por vapores de combustíveis, substâncias químicas de processos industriais e de serviços e frações de combustíveis parcialmente queimados em veículos e outras fontes de combustão. Nos veículos automotores atuais a gasolina e Flex, uma parcela considerável dessa emissão é objeto de severo controle, mediante o emprego de conversores catalíticos para o tratamento dos gases de escapamento e recipientes especiais com carvão ativado (canisters) para a adsorção de vapores dos respiros dos sistemas de alimentação de combustível. Vapores do cárter do motor, que também contêm COV, são também controlados por meio da sua recirculação para o motor.

Entretanto, uma fonte substancial de COV, que é a emissão de vapores de combustível gerada por ocasião do abastecimento do veículo, ainda não é controlada. Essa emissão, bastante

significativa, é da ordem de 1,0g/litro para a gasolina e 0,4g/litro para o etanol. Tomando como exemplo um veículo atual que apresenta uma autonomia de 10 km com um litro de gasolina, tem um tanque de 60 litros e não dispõe de controle de emissão de vapor para operações de abastecimento, o simples reabastecimento desse tanque resulta na emissão de aproximadamente 60 gramas de COV, o equivalente a 0,1 g/km.

Uma alternativa custo-efetiva e de eficácia comprovada para a redução da emissão de COV durante o abastecimento é a adoção da tecnologia de Recuperação de Vapores de Abastecimento conhecida internacionalmente como “Onboard Refueling Vapor Recovery – ORVR”. É importante salientar que no estágio da regulamentação brasileira, a adoção do ORVR para reduzir a emissão no abastecimento também acarretará a redução da emissão evaporativa do veículo em movimento – “running losses”, ainda não controlada no Brasil. Esta emissão decorre principalmente do aquecimento do tanque de combustível pelo retorno do excedente bombeado ao motor, pela radiação do pavimento e pelo seu contato com o ar da ventilação do motor, sendo da ordem de 12g/hr^[1] que, numa velocidade média de 30 km/h, equivale a outros 0,4 g/km. Considerando que o limite atual da emissão de hidrocarbonetos pelo escapamento é de 0,05 g/km, verifica-se que a emissão evaporativa ainda não controlada é cerca de 10 vezes maior do que a permitida.

A tecnologia foi regulamentada inicialmente nos EUA e no Canadá em 1998 e desde então vem sendo gradualmente incorporada aos veículos novos. Atualmente, todos os veículos leves a gasolina e Flex produzidos naqueles países são equipados com sistemas ORVR. Tendo em vista os resultados positivos alcançados com a disseminação dessa tecnologia, a EPA, agência ambiental norte-americana, liberou os estados daquele país da obrigatoriedade de controle das emissões de vapores de abastecimento por meio de sistemas especiais e caros instalados nas bombas de combustível dos postos de abastecimento (tecnologia conhecida internacionalmente como Estágio 2) localizados em regiões com elevados níveis de poluição do ar por ozônio. Com base nos bons resultados reportados nos EUA e no Canadá, a China e o México tem estudos avançados para também restringir a emissão de vapores de abastecimento utilizando a tecnologia ORVR. É importante ressaltar que esta tecnologia já é de domínio dos mesmos fabricantes que hoje produzem os sistemas de controle de emissão evaporativa “diurna”.

Os sistemas com tecnologia ORVR são uma versão mais evoluída dos sistemas de controle de emissões evaporativas utilizados em todos os veículos comercializados no Brasil desde 1990, para controle da “emissão diurna”, ou seja, aquela que ocorre com o veículo parado e com o sistema de armazenagem de combustível sendo submetido a variações de temperatura. A nova tecnologia permite controlar, de forma conjunta, a “emissão diurna”, inclusive no caso de o veículo permanecer exposto a variações de temperatura por vários dias sem funcionar, a evaporação com o veículo em movimento e a emissão de abastecimento. As principais novidades dessa tecnologia em relação ao sistema convencional são discutidas no Anexo I.

Como se trata de um sistema que recicla vapor de combustível para o motor, há benefício econômico nessa operação. Dados dos EUA indicam que esse benefício é capaz de amortizar o custo adicional do sistema, que por sinal é baixo, em até dois anos. A adoção da tecnologia também simplifica o controle ambiental nos postos de combustível localizados em regiões menos críticas em termos de poluição do ar por ozônio.

Cabe ressaltar que a redução desta emissão deve ser complementada pelo controle dos vapores emitidos durante o enchimento dos reservatórios do caminhão-tanque nas bases de combustível e na transferência do produto para os reservatórios do posto de abastecimento. (tecnologia conhecida internacionalmente como Estágio 1). Esse controle é feito mediante a

aplicação de sistemas de captação, recirculação e aproveitamento destes vapores nas próprias instalações.

2. Medição da emissão evaporativa de abastecimento

A medição da emissão de poluentes é uma etapa primordial em qualquer iniciativa voltada para a prevenção e controle da poluição. Essa regra se aplica também à emissão evaporativa de abastecimento. Portanto, além de se estabelecer os requisitos necessários para a medição da emissão, é fundamental definir os equipamentos e instrumentos que serão utilizados para esse fim. Com esse objetivo foi desenvolvido um trabalho voltado para a adaptação de uma câmara comum utilizada para a medição de emissões evaporativas “diurnas”, de volume fixo, para permitir a quantificação dos vapores emitidos durante o abastecimento de um veículo. Também foram estudadas as necessidades de revisão da norma ABNT NBR 11481 - *Veículos rodoviários automotores leves – Medição de emissão evaporativa* – para a inclusão do ensaio de emissão de abastecimento no ensaio atualmente utilizado no Brasil. Para tanto, se utilizou como referência a normatização da legislação norte-americana. A seguir é apresentada a descrição desse trabalho.

2.1. Medição da emissão evaporativa

A determinação da emissão evaporativa de um veículo é realizada numa câmara hermética – SHED (Sealed Housing for Evaporative Determination), onde o veículo é inserido enquanto produz evaporações de combustível. Estas emissões ocorrem em várias situações diferentes, a saber:

- a) diurna, durante o aquecimento do tanque de combustível, simulando-se o aquecimento do veículo estacionado, pela exposição ao sol^a;
- b) a quente, durante o resfriamento do veículo, após rodar uma viagem padrão.
- c) durante o abastecimento de combustível (ainda não regulamentada no Brasil);
- d) durante o movimento do veículo (ainda não regulamentada no Brasil);
- e) durante o estacionamento normal do veículo, determinada em veículos dotados de tanque de combustível confeccionado com materiais plásticos, passíveis de permeação (ainda não regulamentada no Brasil).

A medição é feita por detectores de ionização de chama, calibrados com gases padrão correspondentes, sendo fixado o propano como padrão de resposta para os hidrocarbonetos, em ppmC. No caso das medições de etanol, a calibração permanece a mesma, mas aplicam-se fatores de correção de resposta do analisador, levantados uma única vez para cada detector e utilizados apenas nos procedimentos de cálculo, juntamente com as constantes de cada combustível, fornecidas pela norma ABNT NBR 11481.

Atualmente, esta norma contempla apenas os dois primeiros casos e este trabalho propõe a inclusão do terceiro, correspondente à emissão devida ao abastecimento do veículo.

^a No Brasil, o ensaio de emissão diurna é de 1 dia, enquanto que os novos procedimentos norteamericanos exigem a simulação de 3 dias, o que eleva a capacidade do sistema de adsorção de hidrocarbonetos em mais de 50%.

Esta proposta também inclui uma apresentação final dos resultados, complementar, por meio da “conversão” dos valores medidos em gramas por teste, para gramas por quilômetro, de modo a permitir a comparação direta com as emissões de escapamento e a utilização prática desses resultados em estudos e inventários de fontes de poluição do ar. Admite-se para a realização dessa conversão que:

- a evaporação devido à simulação de exposição ao sol ocorre uma vez por dia ou a cada 57,7 quilômetros percorridos (média anual de 15 mil km, dividida por 52 semanas com 5 dias úteis);
- a emissão evaporativa a quente, durante o resfriamento do veículo ocorre uma vez a cada 12 quilômetros, que é a distância da viagem padrão, conforme o ciclo de condução da norma ABNT NBR 6601;
- a emissão evaporativa com o veículo em movimento, medida em g/h, deve ser dividida por 31,5 km/h, que é a velocidade média no ciclo urbano padrão.

Em princípio, a aplicação de ORVR para a absorção de vapores nos abastecimentos dispensa o ensaio de certificação da emissão durante o movimento. Entretanto, seria recomendável acrescentar ao ensaio de escapamento uma captação de gases na saída do respiro do canister para, pelo menos, uma avaliação da eficácia do sistema na captura da emissão evaporativa nas duas situações.

2.2. Alterações físicas da SHED e da sequência de etapas no processo de medição

Para contemplar a inclusão do ensaio de abastecimento de combustível, é necessário dispor de uma SHED adequada para essa operação. Pode-se usar uma SHED originalmente equipada para viabilizar o abastecimento de combustível ou, também, uma SHED convencional adaptada para esse fim. A adaptação deve possibilitar que um operador possa inserir e operar o bico de abastecimento de combustível através de uma coifa vedada hermeticamente, bem como enxergar o bocal do veículo através de uma vigia, convenientemente localizadas. A figura 1 apresenta o desenho esquemático e a fotografia da SHED do Laboratório de Emissões da Delphi, a primeira empresa que realizou ensaios de veículo equipado com a tecnologia ORVR no Brasil, com a presença da CETESB. A figura 2 apresenta os detalhes das modificações realizadas na SHED e um abastecimento em andamento na Delphi, e a figura 3 mostra dois abastecimentos em equipamentos diferentes, em outros ângulos, sendo um deles dotado de coifa transparente onde se vê o bico de abastecimento de combustível em operação.

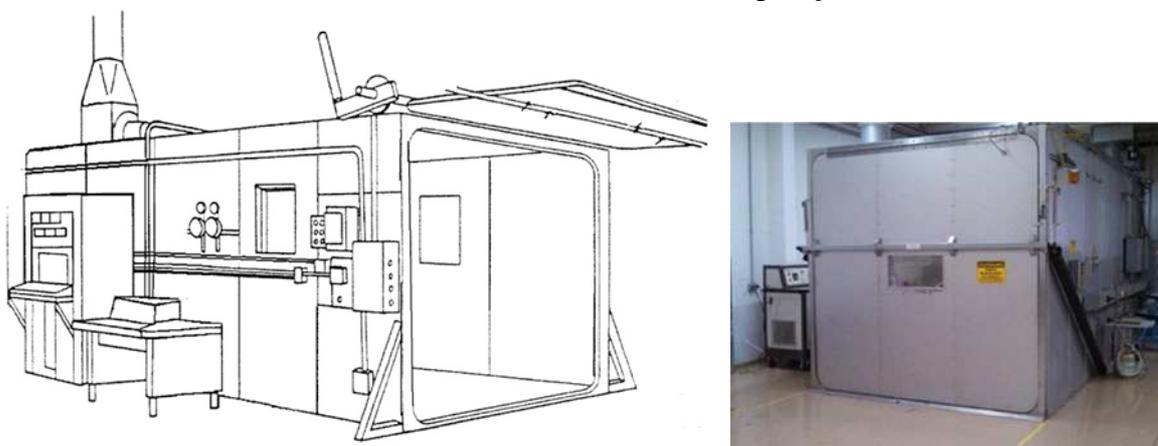


Figura 1 – Câmara selada para medição de emissão evaporativa (Delphi)



vista interna



vista externa

Figura 2 – Dispositivo para abastecimento do veículo na SHED (Delphi)



a) abastecimento na SHED da Delphi



b) outros abastecimentos em SHED

Figura 3 – Janela de observação e abastecimento em andamento

Para incluir a medição da evaporação no abastecimento, a sequência de operações deve ser acrescida de uma fase adicional, após a medição da emissão evaporativa a quente, com as seguintes ações:

- saturação do canister com butano;
- condução adicional do veículo para permitir uma purga normal do canister antes do abastecimento;
- drenagem e reabastecimento com 10% da capacidade do tanque;
- estabilização térmica do veículo, SHED e do combustível a abastecer;
- abastecimento até 85% da capacidade do reservatório do veículo, com a SHED fechada e o sistema de medição de HC em operação.

Para que esta simulação seja realista e represente um abastecimento real, o ensaio de abastecimento deve ser precedido de uma saturação do canister e, posteriormente, do seu condicionamento pela condução do veículo por pelo menos um ou dois ciclos de ensaio da NBR 6601 para permitir uma purga do canister em regime normal de funcionamento, antes de sobrecarregá-lo com o abastecimento. Esta saturação pode ser realizada com butano, sendo recomendável que ocorra antes do ensaio de evaporação a quente, para que a influência da purga sobre as emissões de escapamento também seja avaliada. O fluxograma final está ilustrado na figura 4, onde as inclusões no procedimento atual estão marcadas em amarelo.

No caso de opção pela captação de vapores no respiro do canister durante o ensaio de emissão de escapamento, esta pode ser realizada com um saco de amostragem adicional, exclusivamente para esta avaliação e os gases serem medidos por um processo apropriado. Outras alternativas são possíveis, como a captação por um segundo canister devidamente purgado, que será pesado após o término da captação dos vapores do veículo. Esta captação deve prever que o volume total de gases emitidos seja coletado, enquanto que o ar admitido pelo respiro durante a purga seja tomado de fora, e não do volume já amostrado, para que não voltem hidrocarbonetos para o canister do veículo, reduzindo a sua regeneração.

Adicionalmente, com a nova abordagem voltada ao sistema ORVR, a emissão durante o aquecimento do tanque de combustível também resulta muito pequena e garantidamente controlada, o que sugere a dispensa desta fase do ensaio. Entretanto esta decisão deve ser tomada somente depois que o Programa de Certificação brasileiro possua dados próprios que a justifiquem.

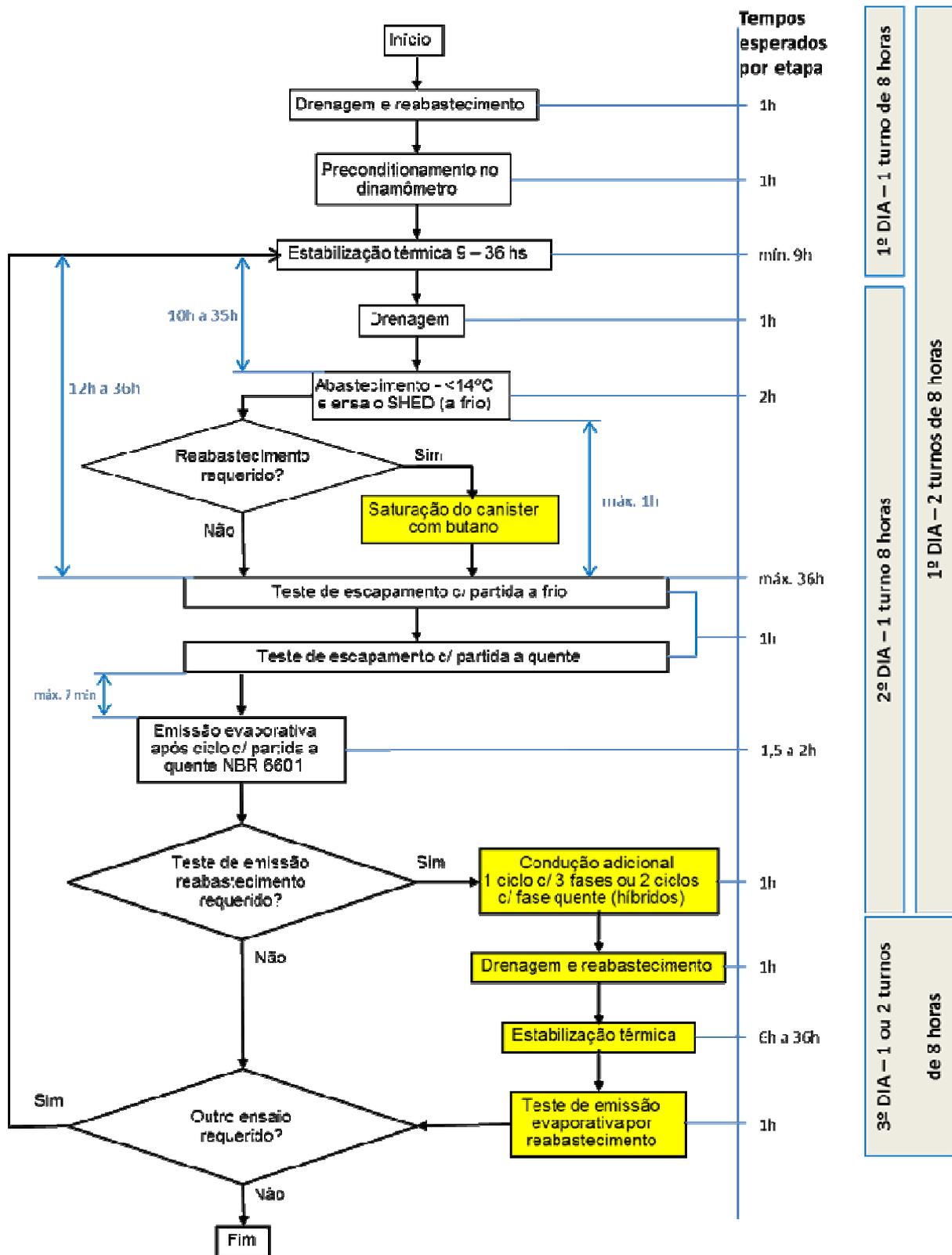


Figura 4 – Novo fluxograma para a medição de emissões evaporativas

2.3. Resultados obtidos

Avaliações teóricas indicam que a formação de vapor no abastecimento de combustíveis seria maior com gasolina pura^[2] e E22 (gasolina de referência, com 22% de etanol anidro), devendo ser menor com etanol.

Testes preliminares realizados pela MWV nos EUA confirmaram estas previsões teóricas, conforme indicado na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados preliminares medidos na MWV

Combustível abastecido	E22	E22	E95
Combustível residual	E22	E95	E22
Geração de Vapor	3.7 g/gal	3.4 g/gal	1.4 g/gal
	0.98 g/L	0.90 g/L	0.37 g/L
Massa total de vapor	50 g	46 g	19 g

Após a adaptação da SHED do Laboratório de Emissões da Delphi Automotive Systems do Brasil Ltda, o primeiro veículo ensaiado foi um Ford Fusion 2.5, transmissão automática, modelo 2012, dotado de sistema ORVR, de acordo com o procedimento proposto pela AFEEVAS para a medição da emissão evaporativa durante o abastecimento, cujos resultados são apresentados a seguir:

Tabela 2 – Emissões de escapamento – g/km

THC	CO	CO2	NOx	CH4	NMHC	Consumo (km/l)
0,019	0,130	203,7	0,023	0,003	0,016	10,66

Tabela 3 – Emissões evaporativas

	g/teste	g/litro	g/km (equivalente)
Ensaio a frio	Não realizado		
Ensaio a quente	0,029	---	0,0024
Abastecimento	0,020	0,00036	0,000033
Evaporativa Total			0,002433
Emissão evitada	65	1,149	0,107

Dados complementares:

Volume abastecido: 56,56 litros, com 1 desarme automático;

Temperatura da SHED: 26,78°C a 27,22°C

Pressão barométrica: 94,405 a 94,496kPa

Complementarmente, o canister do veículo foi pesado antes e depois do ensaio, indicando uma absorção de 65 gramas de E22, o que corresponde à emissão de 1,15 g/litro, muito próxima das expectativas iniciais.



Figura 5 – Pesagem do canister do veículo ensaiado

3. Considerações sobre o dimensionamento de sistemas de controle de emissão evaporativa dotados de canister

Um canister dimensionado para captar os vapores de um aquecimento diurno ou de um resfriamento do motor necessita de cerca de 0,5 litro de carvão ativado e uma vazão de ar para purga de 150 vezes esse volume. Como os ensaios incluem pelo menos 1 ciclo urbano padrão entre cada carga do canister, a vazão de ar para a purga resulta em cerca de 2,5 litros por minuto, podendo ser concentrada nos regimes de carga mais elevadas ao longo do ciclo.

Nos veículos com canister dimensionado apenas para captar a emissão diurna de 1 dia e a de resfriamento, a emissão durante o movimento do veículo (de 12g/hora) é expelida através do canister, mas supera rapidamente a capacidade de adsorção mencionada acima (estágio brasileiro atual) e passa para a atmosfera.

A aplicação do ORVR para captar a evaporação no reabastecimento eleva a capacidade do canister para cerca de 2 litros, exigindo que a purga seja mais distribuída e com maior vazão de ar, o que também permite o controle da emissão evaporativa do veículo em movimento.

Um detalhe importante é que os tempos de purga permitidos no ensaio sejam limitados a dois ciclos urbanos completos para levar o fabricante a dimensionar a vazão de purga de modo a ser eficaz na captação das “running losses”. Sendo mais uniforme, este dimensionamento exigirá que a purga seja associada ao controle de lambda e aproveite efetivamente o combustível capturado, evitando momentos de dosagem rica causadores de aumentos localizados de emissão de escapamento. Desta forma, quanto maior o volume do canister e a vazão de purga, tanto melhor será o controle da emissão evaporativa. A tabela A1 compara diversos regulamentos nestes aspectos, considerando que o volume de ar necessário à purga do canister seja da ordem de 150 vezes o volume do leito de carvão ativado.

Adotando-se esta estratégia no Brasil, será possível evitar os níveis intermediários de controle de emissão evaporativa praticados nos EUA e o correspondente investimento em laboratórios sofisticados para a medição em 24, 48 e 72 horas de teste com aquecimentos e resfriamentos sucessivos. A exigência voltada ao controle no abastecimento levará ao mesmo resultado tecnológico, isto é, à aplicação da tecnologia ORVR que estende naturalmente a redução de emissões diurnas ao período de 3 dias (“multi-days test”), reduz a emissão em movimento e a de abastecimento, com a certificação apenas da emissão no abastecimento, sem a necessidade dos demais ensaios.

Tabela A1 - Características do controle de emissão evaporativa para diversos regulamentos^[3]

Requisito Regulamento	Purga (min)	Volume do Canister (litros)	Volume de Purga (litros)	Vazão média de purga (L/min)
Atual Brasil	30	0,5	75	2,5
EU Type IV	60	0,8	120	2
ORVR (US)	90	2,1	315	3,5
ORVR (BR)	60	2,1	315	5,25
Tier 2+ORVR	30	2,1	315	10,5

Com base no modelo MOVES 2010, da EPA, a figura A7 apresenta a comparação das diversas componentes da emissão evaporativa em base anual, para os diversos níveis tecnológicos.

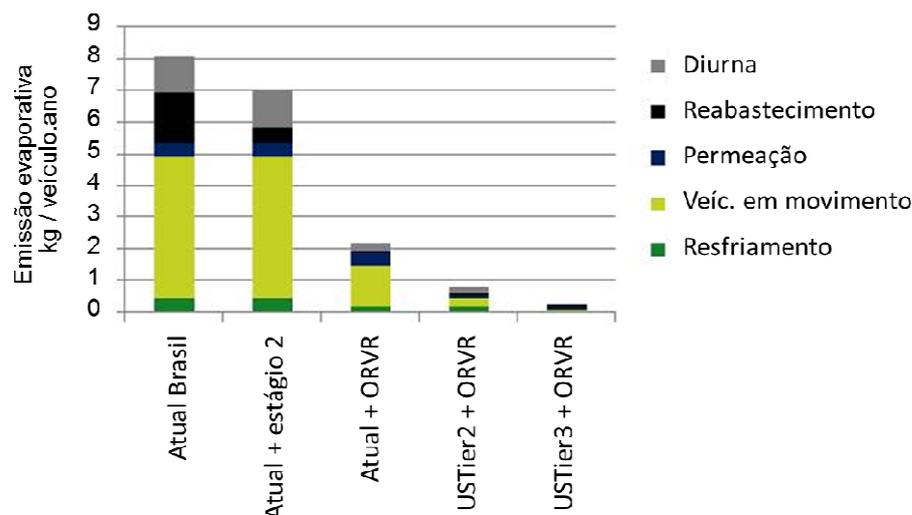


Figura 6 – Emissões evaporativas segundo regulamentações diferentes

4. Conclusões

Os resultados obtidos no ensaio e os dados dos EUA e do Canadá disponíveis na literatura especializada permitem concluir que:

- a) A emissão evaporativa registrada nos abastecimentos com gasolina corresponde a 1,14 g/litro ou o equivalente a 0,107 g/km, valor equivalente a 5,6 vezes a emissão de HC pelo escapamento do veículo ensaiado, ou mais de 2 vezes o limite de NMHC da fase L6, sendo portanto muito significativa;
- b) Considerando a evolução do PROCONVE e a grande redução das emissões de compostos orgânicos que as tecnologias atuais já propiciaram, o controle de emissão evaporativa no abastecimento dos veículos assume importância destacada e deve ser priorizada;
- c) A tecnologia ORVR é uma evolução do sistema utilizado no país desde 1990 para o controle da emissão evaporativa “diurna”, e permite reduzir quase que totalmente a emissão no abastecimento (eficiência de 99,97% no ensaio realizado). A eficácia da utilização dessa tecnologia aumenta com o tempo, à medida que veículos novos, equipados com esse sistema, entram em circulação sendo, portanto, uma tecnologia com efeito rápido em microescala (limitada aos veículos novos), mas de elevada eficácia em prazo médio/longo e em todo o território nacional;
- d) Já existem alguns modelos de veículos dotados do sistema ORVR sendo comercializados no Brasil, o que demonstra a sua compatibilidade dimensional do duto de entrada do tanque de combustível com os sistemas de abastecimento do país;
- e) A tecnologia ORVR também incrementa a eficácia do controle da emissão “diurna”, devido a sua capacidade de retenção dos vapores no canister por mais tempo e pode vir a dispensar o ensaio de aquecimento do tanque de combustível;
- f) Estima-se que a emissão evaporativa com o veículo em movimento seja ainda maior e também será reduzida significativamente quando for implantada a tecnologia ORVR. A comprovação deste efeito deve ser realizada por amostragem no respiro do canister durante o ensaio de emissão de escapamento, sendo recomendável o levantamento de valores típicos brasileiros;
- g) A eficiência da tecnologia *Estágio 2* para aplicação nos postos de abastecimento é menor (70%), mas deve ser priorizada nas zonas críticas em ozônio por possibilitar a redução na emissão em curto prazo.. Essa tecnologia apresenta elevado custo inicial e requer manutenção e fiscalização constantes, o que recomenda a sua utilização em regiões específicas, ficando os seus benefícios limitados regionalmente;
- h) A aplicação da tecnologia ORVR simultaneamente à aplicação das tecnologias *Estágio 1* em todas as bases de distribuição de combustível e *Estágio 2* nas regiões de interesse, representa uma estratégia de controle balanceada e custo-efetiva para o país.

Anexo I - Descrição do Sistema ORVR

A emissão evaporativa numa transferência de combustível é devida à penetração do líquido no reservatório receptor e o consequente deslocamento de igual volume das substâncias gasosas existentes no seu interior, formados por ar e vapor de combustível em quantidade proporcional à sua pressão parcial, isto é, à sua pressão de vapor em função da temperatura. A este deslocamento, corresponde admissão do mesmo volume de ar atmosférico no reservatório fornecedor do combustível, como ilustrado na figura A1.

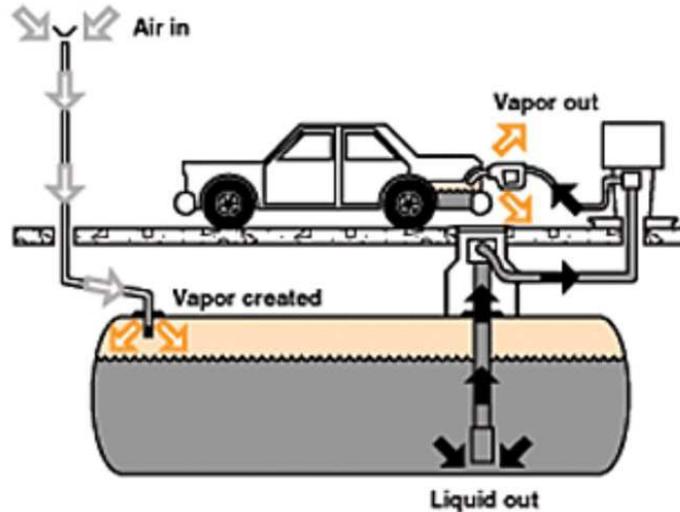


Figura A1 - Geração de emissão evaporativa no abastecimento de um veículo

A1 – Controle da emissão evaporativa no reabastecimento

A primeira aproximação para o controle desta emissão seria a recirculação dos gases expelidos para o reservatório de origem, evitando a emissão para a atmosfera e a utilização de ar limpo para equilíbrio de pressão, o qual deixaria de se contaminar. Entretanto os fenômenos envolvidos não são tão simples assim: existem diferenças de temperatura entre os reservatórios que, juntamente com a agitação do combustível produzem volumes diferentes. Além disso, o jato de combustível induz a entrada adicional de ar no bocal de entrada do reservatório do veículo, o que agrava o problema. Por isso, os sistemas de controle de emissão evaporativa das instalações fixas precisam ser mais sofisticados do que uma simples ligação por mangueiras para a transferência dos vapores do reservatório receptor para o fornecedor, sendo compostos de bombas, condensadores e outros dispositivos para recuperação do combustível evaporado.

Os sistemas ORVR para a captação e reaproveitamento dos vapores de combustível a bordo dos veículos são constituídos de uma readequação do sistema de canister de carvão ativado atualmente utilizado para a captação de vapores dos respiros de pressão do veículo, como mostram as figuras A2 e A3 mas, além disso, incluem pequenas modificações, a saber:

- geometria do duto de entrada no tanque de combustível do veículo para diminuir a indução de ar juntamente com o combustível;
- inclusão de uma válvula junto ao tanque para a retenção dos vapores gerados. A resistência desta válvula à passagem produz um acúmulo de líquido antes dela, como

indica a figura A4, que ajuda impedir o retorno de vapores durante o abastecimento e força-los ao canister;

- inclusão de dispositivos separadores de líquido na coleta de vapores e de orientadores de fluxo para diminuição da turbulência e formação de respingos no interior do tanque de combustível;
- revisão da estratégia de calibração do motor, de forma a empobrecer a mistura associada à purga do canister para evitar aumento da emissão de escapamento e aproveitar os vapores de combustível armazenados.

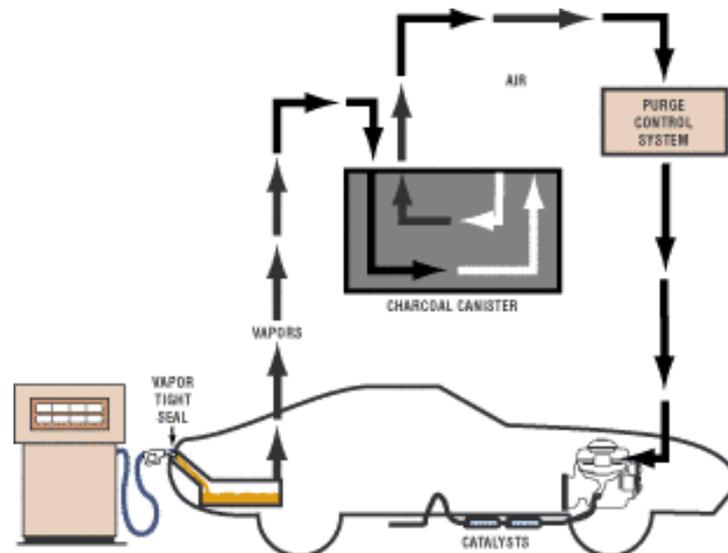


Figura A2 – Conceito básico do ORVR

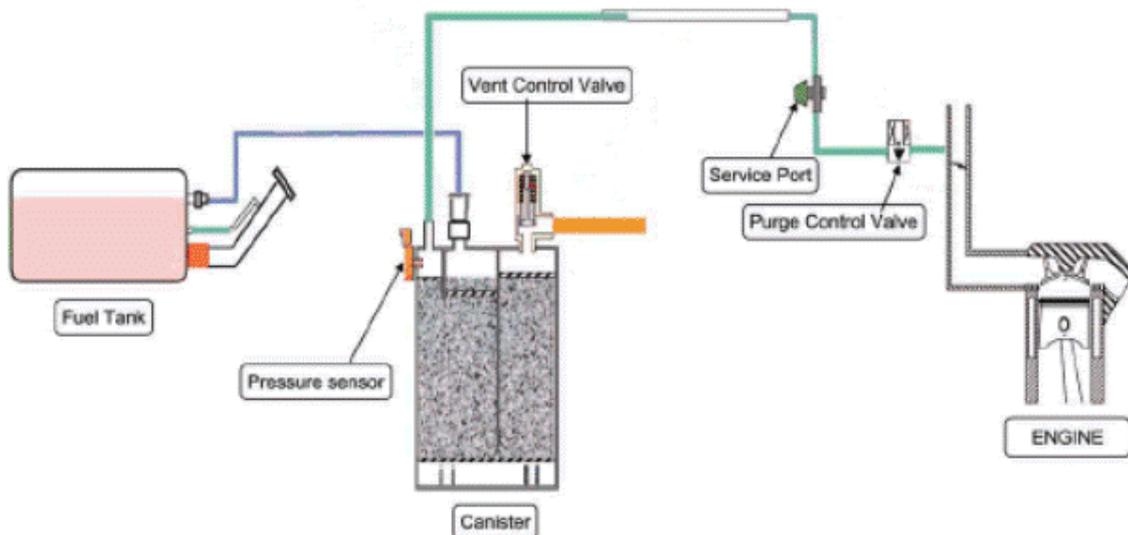


Figura A3 – Componentes e funções do ORVR

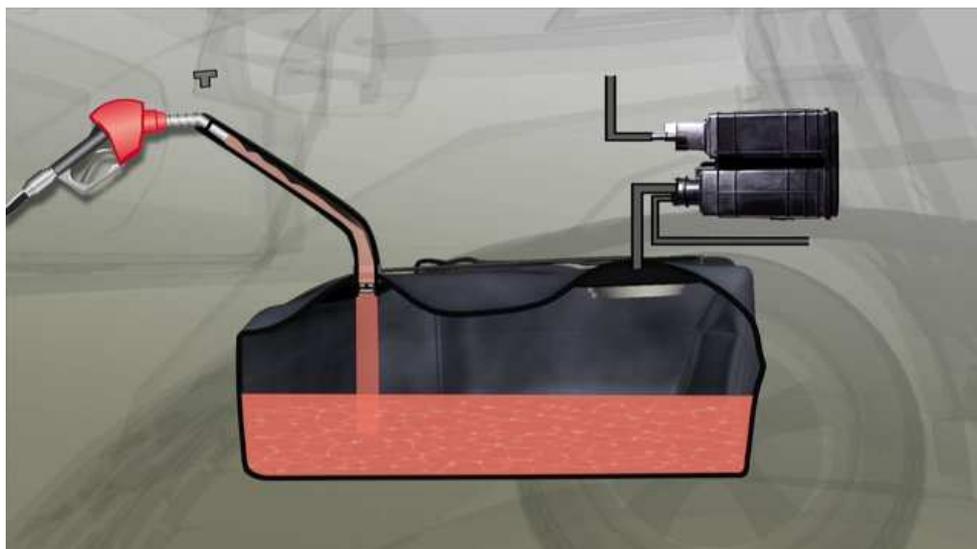


Figura A4 – Modificação da tubulação de entrada de combustível



Válvula aberta



Válvula fechada

Figura A5 – Válvula de retenção de vapores no tanque de combustível

A2 - Benefícios ambientais comparados: ORVR x Estágio 2

O governo do estado de Massachussets, EUA, apresenta estimativas^[4] para os benefícios ambientais decorrentes de várias estratégias para o controle da emissão evaporativa nos veículos, em especial, em relação à aplicação do *Estágio 2*, considerando:

- *Estágio 2* com eficiências de 70% e 75%;
- ORVR somente;
- ambas as estratégias simultaneamente

A figura A6 apresenta as estimativas anuais da emissão de gasolina desde a implantação do Programa em 2005 até 2020, a qual indica grande influência inicial do *Estágio 2* até o 7º ano e maior eficácia da implantação do ORVR a partir daí. Entretanto, é digno de nota que a combinação das duas estratégias produz efeito consideravelmente maior, tendendo a se

unificar em 18 anos, quando a frota inteira terá ORVR e a manutenção do *Estágio 2* não será mais necessária.

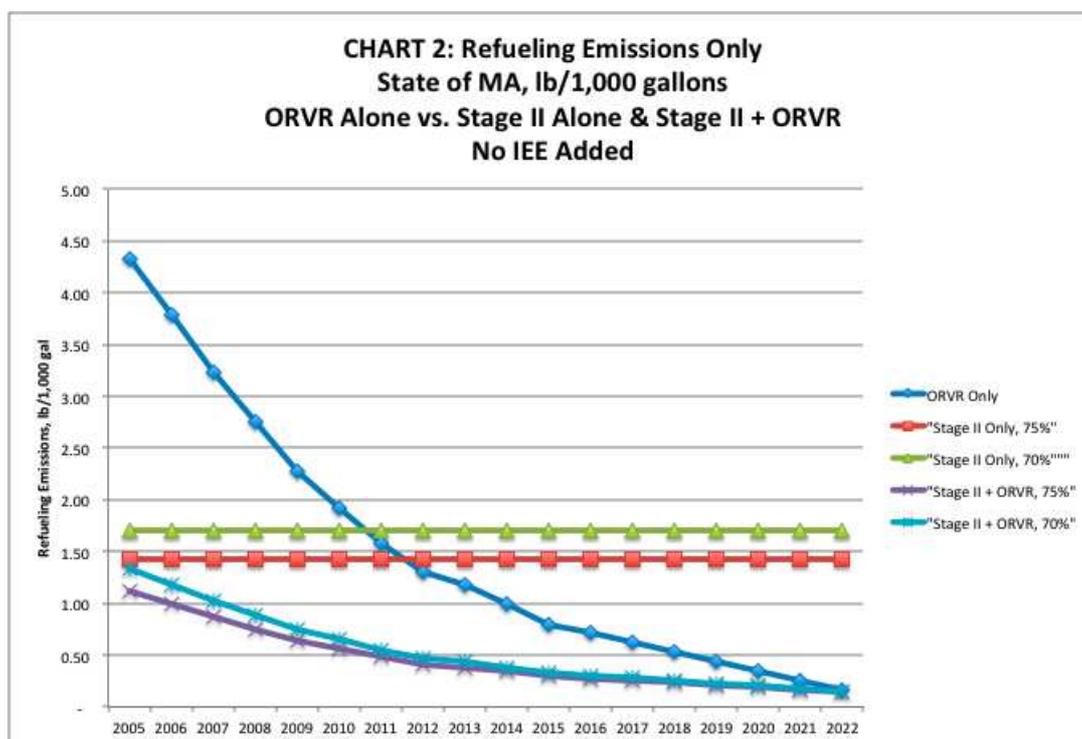


Figura A6 – Eficiências de redução da emissão evaporativa de abastecimento comparadas: ORVR e *Estágio 2*

Bibliografia

¹ EPA - Development of Evaporative Emissions Calculations for the Motor Vehicle Emissions Simulator MOVES2010 - Assessment and Standards Division Office of Transportation and Air Quality U.S. Environmental Protection Agency Final Report - EPA-420-R-12-027, September 2012

² Reddy, Sam R. – Mathematical Models for Predicting Vehicle Refuelling Vapor Generation – General Motors – SAE International 2010-01-1279 – December 2010

³ MECA; - Report on Reducing Evaporative Emissions - the Largest Source of VOC Emissions Leading to Haze, PM2.5 and Ozone Formation in China's Major Cities: a Macro and Micro Analysis with Information on International Experience and Related Implications for China, March 2014

⁴ Informações gerais e figuras -

https://www.google.com.br/search?q=orvr&biw=1280&bih=559&tbm=isch&imgil=6BoK7KbtXiTCM%253A%253Bhttps%253A%252F%252Fencrypted-tbn0.gstatic.com%252Fimages%253Fq%253Dtbn%253AANd9GcSsaaSI7Z1z-VEyMr6jbcDatg0mCjVwMONhNwPfq3_VLRFKCrEE%253B2280%253B1103%253BFgt_XQTzNqdYYM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.freepatentsonline.com%25252F6923221.html&source=iu&usg=__H_OkqRD7FF7XAeiTR65-VPthHA%3D&sa=X&ei=u5tKU92dBMWR0gHFjIGYBg&ved=0CC4Q9QEwAQ#facrc=__&imgdii=__&imgrc=oncoKEqcIIzhTM%253A%3BdhmdgG04F6GOAM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.petrolplaza.com%252Fimages%252Ftechnology%252Farticles%252F10461%252F2000_06_fig_3a.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.petrolplaza.com%252Ftechnology%252Farticles%252FmiZlbiYxMDQ2MSY2JjEmMSYm%3B310%3B265, em 13/04/2014