

**instituto de energia  
e meio ambiente™**

# **ANÁLISE PRELIMINAR SOBRE A IMPLANTAÇÃO DO PADRÃO EURO VI NO BRASIL**

**Equipe IEMA:**

**Ademilson Zamboni**

**David Shilling Tsai**

**Edgar Calligari Pires**

**Marcelo dos Santos Cremer**

**Colaborador:**

**Silvio Figueiredo**

**São Paulo, Fevereiro de 2015**

## Sumário

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 1     | Introdução .....   | 3         |
| 2     | Objetivo .....   | 4         |
| 3     | Evolução da regulamentação para limites de emissão veicular em outros países .....   | 4         |
| 3.1   | Alterações na lista de compostos controlados .....   | 4         |
| 3.2   | Evolução dos limites de emissões .....   | 7         |
| 4     | Evolução promovida pela regulamentação EURO VI .....   | 9         |
| 4.1   | Aumento do número de compostos controlados .....   | 9         |
| 4.2   | Provisões para novos combustíveis .....  | 10        |
| 4.3   | Aperfeiçoamento dos procedimentos de avaliação das emissões .....  | 10        |
| 4.3.1 | Novos padrões de ensaios de homologação .....  | 11        |
| 4.3.2 | Avaliações de emissões complementares .....  | 14        |
| 4.4   | Sistema de diagnose embarcado (OBD) .....  | 16        |
| 4.5   | Aumento da garantia .....  | 17        |
| 5     | Outras questões associadas à implantação do padrão EURO VI .....   | 20        |
| 5.1   | Combustíveis e ARLA 32 .....   | 20        |
| 5.2   | Adequação instrumental .....   | 21        |
| 5.3   | Tecnologia veicular requerida .....  | 22        |
| 5.4   | Prazo mínimo para implantação .....  | 23        |
| 6     | Potenciais impactos da implantação do padrão EURO VI .....   | 23        |
| 6.1   | Custo de implantação do padrão EURO VI .....   | 23        |
| 7     | Conclusões .....   | 25        |
|       | <b>Combustíveis e ARLA 32 .....</b>  | <b>26</b> |
|       | <b>Adequação instrumental .....</b>  | <b>26</b> |
|       | <b>Tecnologia veicular requerida .....</b>   | <b>27</b> |
|       | <b>Redução das emissões .....</b>  | <b>27</b> |
|       | <b>Custo de implantação do padrão EURO VI .....</b>  | <b>27</b> |
| 8     | Considerações Finais .....   | 28        |
|       | <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>29</b> |
|       | <b>ANEXO A: LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA VEICULAR .....</b>   | <b>30</b> |
|       | <b>ANEXO B: A RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS E AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E DE POLUENTES TÓXICOS VEICULARES (FIGUEIREDO, 2013) .....</b> | <b>33</b> |
|       | <b>ANEXO C: SISTEMAS DE PÓS-TRATAMENTO (FIGUEIREDO, 2013) .....</b>  | <b>38</b> |
|       | <b>ANEXO D: SIMULAÇÃO DA INTRODUÇÃO DA FASE PROCONVE P8: ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE NO<sub>x</sub> E MP<sub>10</sub> .....</b>                               | <b>42</b> |

## 1 Introdução

A regulação brasileira relativa ao controle das emissões de veículos pesados preconizados pelo PROCONVE<sup>1</sup> tem como base a correspondente regulamentação da União Europeia (UE). A fase em curso do PROCONVE para essa categoria de veículos, a fase P-7, é baseada na fase EURO V da UE<sup>2</sup> e foi disciplinada pela Resolução CONAMA nº 403/2008. Em 18 de junho de 2009, o Parlamento Europeu e o Conselho da UE já aprovavam o Regulamento CE nº 595/2009<sup>3</sup> instituindo a fase EURO VI. Dois anos após, esse marco foi complementado pelo Regulamento CE nº 582/2011<sup>4</sup> de 25 de maio de 2011, cujos novos preceitos entraram em vigor a partir de 2013 para os modelos novos e em 2014 para todos os veículos novos.

Dada a prática exercitada pelo PROCONVE de seguir a regulação Europeia com algum atraso, tudo leva a crer que o Brasil em futuro próximo, poderá vir a instituir novas fases do seu programa, tendo como base a fase EURO VI. O Regulamento CE nº 595/2009, que estabeleceu o padrão EURO VI considera que:

*(7) Ao estabelecer normas para as emissões, é importante ter em conta as repercussões para a competitividade dos mercados e dos fabricantes, os custos diretos e indiretos impostos às empresas e os benefícios decorrentes em termos de incentivo à inovação, de melhoria da qualidade do ar, de redução das despesas com a saúde e de maior esperança de vida.*

Assim, as principais metas da implantação de uma regulamentação nacional baseada no padrão vigente na Europa hoje seriam: melhorar a qualidade do ar e, conseqüentemente, dar maior qualidade e esperança de vida a população dos grandes centros; e reduzir as despesas associadas a saúde pública. Outros benefícios difíceis de serem quantificados estariam na preservação do meio ambiente, nos ganhos com inovação tecnológica e competitividade da indústria automotiva aqui instalada, e, potencialmente, a redução das emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, sua implantação envolve questões como potenciais aumentos nos custos de transporte de cargas e passageiros, suposto maior custo operacional dos veículos com implicações no aumento de tarifa do transporte público, competitividade de produtos brasileiros no mercado internacional, e correspondentes impactos no desenvolvimento econômico e no bem estar social - questões que se apresentam relevantes dada a forte dependência do país do transporte rodoviário.

Esses são apenas alguns dos pontos a serem considerados na construção da narrativa para justificar a ação do poder público e da indústria automotiva, e o custo que a sociedade terá que arcar devido à implantação de um novo regulamento. Levando isso em conta, é oportuno não somente analisar as condições para adotar uma possível nova fase do PROCONVE, mas também, aproveitar esse momento para avaliar se as fases anteriores – em especial a P7 - estão sendo eficazes no cumprimento das metas do Programa.

Esse é o espírito desse trabalho, feito com o propósito de auxiliar a compreensão de um possível novo regulamento nacional baseado na regra europeia, e fornecer informações técnicas à

---

<sup>1</sup> Uma listagem dessa regulamentação é apresentada no Anexo A.

<sup>2</sup> A UE denomina as fases de veículos leves com algarismos arábicos e de veículos pesados com romanos.

<sup>3</sup> Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009R0595&from=EN>>, acesso em 19/07/2014.

<sup>4</sup> Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:167:0001:0168:pt:PDF>>, acesso em 19/07/2014.

sociedade, e subsídios à Comissão de Acompanhamento e Avaliação do PROCONVE – CAP e, por consequência, ao CONAMA, para a tomada de decisão.<sup>5</sup>

## 2 Objetivo

O objetivo deste estudo é o de prover informações para auxiliar a tomada de decisão sobre a eventual implantação de uma nova fase do PROCONVE, tendo como base a regulamentação EURO VI da União Europeia.

Em linhas gerais, as metas e a abrangência desta regulamentação estão expressas no objetivo do regulamento CE nº 595/2009:

*O presente regulamento estabelece requisitos técnicos comuns para a homologação de veículos a motor, de motores e de peças de substituição no que se refere às respectivas emissões.*

*O presente regulamento estabelece igualmente regras para a conformidade dos veículos e motores em circulação, para a durabilidade dos dispositivos de controle da poluição, para os sistemas OBD, para a medição do consumo de combustível e das emissões de CO<sub>2</sub> e para o acesso às informações sobre os sistemas OBD e sobre a reparação e manutenção de veículos.*

Com o foco em sua eventual implantação no Brasil, este trabalho revê, confrontando com nossa realidade, as tendências evolutivas das principais regulamentações internacionais aplicáveis à matéria e das técnicas promovidas por essas regulamentações, relata outros aspectos práticos associados e avalia, de forma preliminar, os seus principais impactos potenciais.

## 3 Evolução da regulamentação para limites de emissão veicular em outros países

A evolução de regulamentações similares em outros países, em princípio, vem estabelecendo não somente limites cada vez mais rigorosos para poluentes tóxicos a serem atendidos nos ensaios de homologação, mas também, mecanismos e procedimentos técnicos mais aperfeiçoados visando, principalmente, as emissões durante o uso dos veículos. Além disso, como será visto adiante, tais regulamentações estão se mesclando com outras relativas à emissão de gases de efeito estufa (GEE)<sup>6</sup>. Os aperfeiçoamentos referentes estritamente às emissões tóxicas envolvem:

### 3.1 Alterações na lista de compostos controlados

Para se acomodar a condições específicas, os órgãos reguladores vêm alterando a lista de compostos que têm limites de emissões regulamentados. Por exemplo, para fomentar o uso de gás natural veicular (GNV), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA) e a União Europeia (UE) subdividiram o limite de hidrocarbonetos totais (HC) em um limite para hidrocarbonetos não metano (NMHC) e um para metano (CH<sub>4</sub>), este último o principal constituinte do GNV. No outro sentido, a US EPA agregou os limites de NMHC e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

---

<sup>5</sup> Sempre que julgado pertinente e para facilitar sua compreensão, foram mantidas neste documento as abreviações derivadas das bibliografias existentes em inglês, por serem estas as mais comumente utilizadas pela comunidade técnica associada ao tema e as mais fáceis de serem localizadas na bibliografia disponível.

<sup>6</sup> Para uma melhor compreensão sobre a relação entre consumo de combustíveis, GEE e gases tóxicos, vide o Anexo B.

em um único, a soma de “NMHC+NO<sub>x</sub>”, dado que essas duas famílias de compostos afetam concomitantemente a formação de ozônio na atmosfera.

Ao regular as emissões devido ao uso de biocombustíveis, a US EPA estabeleceu limites de emissão de aldeídos, o que ocorreu posteriormente ao CONAMA<sup>7</sup>. Para contemplar o uso de sistemas de controle de emissões do tipo SCR, as legislações de países onde essa tecnologia é utilizada estabeleceram limites de emissão de amônia (NH<sub>3</sub>).

Para levar em consideração que material particulado (MP) fino tem maior impacto na saúde que o MP de maiores dimensões, a regulamentação EURO VI institui, além do limite de emissão de MP em massa que já existia em fases anteriores, um limite em número de partículas (NP) emitidas. Como também se acredita que a emissão de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) é, entre as emissões de óxidos de nitrogênio totais (NO<sub>x</sub>), a que causa maior impacto na saúde (WHO 2003), a regulamentação EURO VI também tem uma provisão para estabelecer um limite específico para o NO<sub>2</sub>.

Ou seja, a evolução dos limites leva em conta não somente a evolução do conhecimento relativo ao impacto dos poluentes no meio ambiente, como também a evolução da tecnologia de controle e, algumas vezes, condicionantes regionais, como o uso de combustíveis alternativos.

A necessidade de se ter flexibilidade na fixação de limites está expressa nos considerandos do Regulamento CE nº 595/2009, que criou o padrão EURO VI, reproduzidos abaixo:

*(12) A Comissão deverá continuar a analisar as emissões até agora não reguladas que têm origem na utilização generalizada de novas formulações de combustíveis, de novas tecnologias de motores e de novos sistemas de controle de emissões e, se for o caso, apresentar ao Parlamento Europeu e ao Conselho uma proposta de regulação dessas emissões.*

*(13) É oportuno incentivar a introdução de veículos movidos a combustíveis alternativos, que possam gerar baixas emissões de NO<sub>x</sub> e de partículas. Por conseguinte, justifica-se a introdução de valores-limite para os hidrocarbonetos, para os hidrocarbonetos não metanos e para o metano.*

### **Aperfeiçoamento dos procedimentos de avaliação**

Os países mais avançados nas regulamentações de emissões para veículos, como EUA, Japão e os membros da Comissão Europeia, além de países com situações mais críticas de qualidade do ar em centros urbanos e que participam da elaboração dos procedimentos internacionais da UNECE, como China e Índia, estão buscando formas para que os métodos de avaliação regulamentados reproduzam melhor as reais condições de uso dos veículos, seja por meio do aperfeiçoamento dos ciclos de testes empregados como também pela adoção de procedimentos para avaliar as emissões dos veículos nessas condições. Destaque-se que essa questão, que será melhor explicitada a seguir, é fundamental para assegurar que os desenvolvimentos e investimentos realizados para atender o rigor da legislação se reflitam nos veículos em uso, ou seja, que a legislação seja eficaz para atingir seus propósitos.

---

<sup>7</sup> Em princípio, é atualmente feito por causa do etanol, ilustrando que combustíveis alternativos podem demandar novos controles. Há não muito tempo atrás, o Governo Federal pretendia incentivar o uso de misturas álcool-diesel (MAD). O ED95, assim como o MAD, justificaria a introdução do controle de aldeídos dos motores dos pesados.



## **Aperfeiçoamento dos dispositivos para assegurar a manutenção dos níveis de emissões dos veículos novos**

Tão importante quanto desenvolver veículos cada vez menos poluentes é certificar que eles mantenham os mesmos níveis de emissões ao longo de sua vida. Visando esse objetivo, as novas regulamentações vêm aumentando o rigor tanto das exigências relativas à garantia dos fabricantes sobre os sistemas de controle de emissões, como da principal ferramenta atualmente existente para assegurar que os veículos estejam sendo corretamente operados e mantidos, que é o sistema embarcado de diagnose (OBD, sigla em inglês). Este sistema eletrônico, disponível em todos os veículos pesados brasileiros a partir da fase P7 do PROCONVE, avalia continuamente o funcionamento dos componentes e pode indicar a ocorrência de uma anormalidade ao motorista, ou mesmo interferir em sua operação. Essas questões serão revistas adiante.

Outra forte tendência é que os regulamentos sobre emissões veiculares tóxicas se mesquem com os regulamentos relativos à emissão veicular de GEE, uma vez que os procedimentos empregados para avaliar ambas são basicamente os mesmos. Vale lembrar que no Brasil tais temas são tratados por diferentes instituições sob diferentes políticas.

Em um primeiro momento, os regulamentos sobre emissões tóxicas estão incorporando alguns elementos associados à emissão de GEE. Isso já ocorre no Regulamento CE nº 595/2009 (EURO VI), registrado tanto em seus considerandos, reproduzidos abaixo, como na exigência de se relatar o consumo de combustível e a emissão de CO<sub>2</sub>, observados nos ensaios de homologação dos motores:

*(19) A fim de acompanhar a contribuição deste setor, no seu conjunto, para as emissões globais de gases com efeito de estufa, a Comissão deverá instaurar a medição do consumo de combustível e das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dos veículos pesados.*

*(20) A fim de promover o mercado de veículos limpos e de elevada eficiência energética, a Comissão deverá estudar a viabilidade e a elaboração de uma definição e de uma metodologia relativas ao cálculo do consumo de energia e das emissões de CO<sub>2</sub> para veículos inteiros, e não apenas para motores, sem prejuízo da utilização de ensaios virtuais e reais. Essa definição e a metodologia deverão igualmente ser aplicáveis a conceitos de transmissão alternativos (por exemplo, veículos híbridos) e aos efeitos das melhorias introduzidas nos veículos, por exemplo, no que diz respeito à aerodinâmica, ao peso, à capacidade de carga e à resistência ao rolamento. Se for possível elaborar um método adaptado de apresentação e de comparação, convirá publicar o consumo de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> calculadas para os diferentes tipos de veículos.*

Pode-se assim dizer que na UE existe a tendência de que, no futuro, os regulamentos relativos às emissões veiculares de gases tóxicos e de GEE venham a se combinar em uma regulamentação única. E possivelmente além da emissão de CO<sub>2</sub>, elas levarão em consideração as outras emissões veiculares de GEE, como CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. A emissão de CH<sub>4</sub> já é, em geral, regulada e medida, porém com o propósito de excluí-lo dos hidrocarbonetos totais, uma vez que o CH<sub>4</sub> em baixas concentrações não é tóxico. Apesar de isso ser feito como uma medida de

incentivo aos veículos a GNV, as emissões de CH<sub>4</sub> devem passar a ser contabilizadas na emissão de GEE. No caso do N<sub>2</sub>O, será necessária uma provisão requerendo sua medição.

Outro importante aspecto associado à evolução dessa regulamentação é que os países membros do Fórum Mundial para a Harmonização dos Regulamentos Veiculares (WP.29) da Comissão Econômica para a Europa das Nações Unidas (UNECE, sigla em inglês)<sup>8</sup> vêm buscando a harmonização dos diversos regulamentos existentes. Um dos desdobramentos práticos decorrente desse trabalho foi a adoção pela União Europeia, no padrão EURO VI, dos procedimentos acordados nesse Fórum, o que será detalhado adiante.

### 3.2 Evolução dos limites de emissões

A evolução dos limites de emissões dos poluentes mais críticos e difíceis de serem atingidos por motores ciclo Diesel (NO<sub>x</sub> e MP), são apresentados na Figura 3.1 para alguns países.

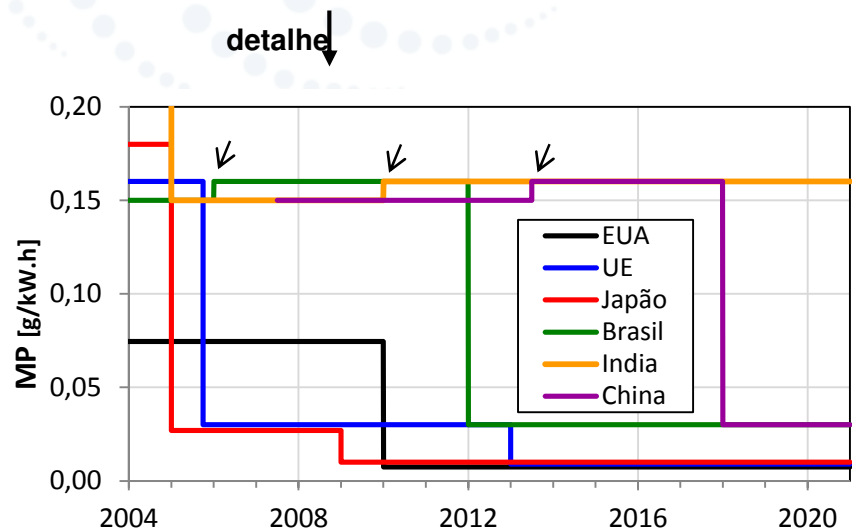
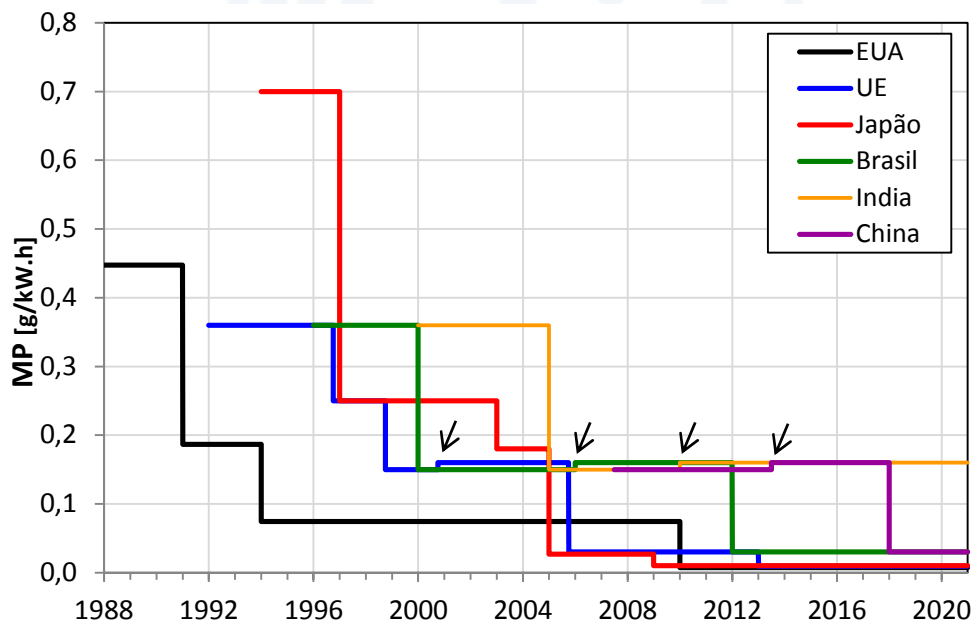
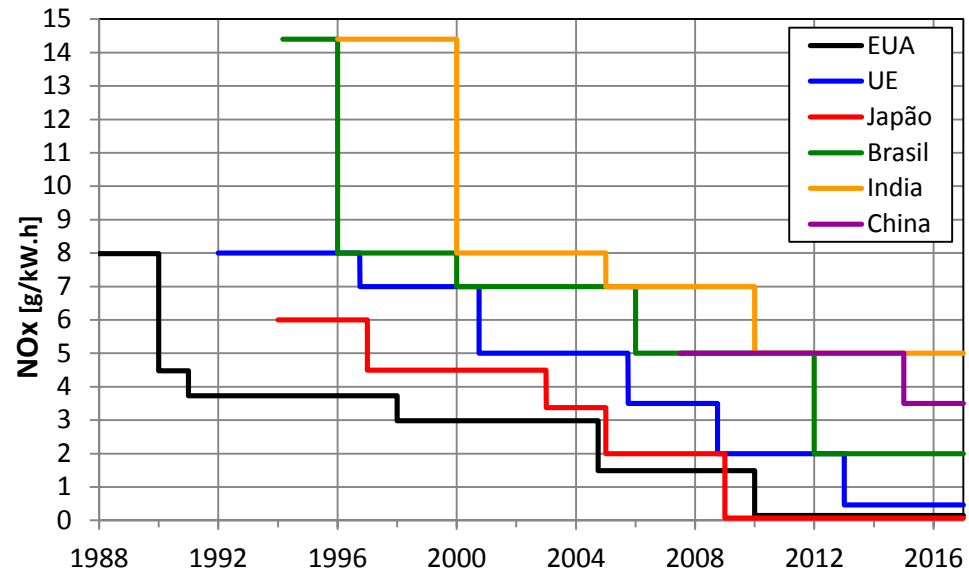
É importante destacar que os procedimentos de medição dos EUA e Japão diferem dos demais países e, rigorosamente, não podem ser diretamente comparados. Além disso, alguns se referem a medições realizadas com os motores operando em regime estacionário e outros em regime transiente. Visando esta comparação foram utilizados preferencialmente os limites relativos aos ensaios em regimes transientes, mais representativos, mas o único país que o utiliza desde o princípio é os EUA. Os demais, no início, utilizavam exclusivamente ensaios estacionários. Como consequência, é possível observar nos gráficos relacionados à evolução do MP, indicados por meio de setas, um aparente crescimento dos limites ao longo do tempo. Mas isso é decorrente da transição de procedimentos de ensaios em regime estacionário para regime transiente. Esse crescimento, de fato, não existe, porque a emissão de MP é muito mais crítica em regime transiente.

Destaque-se ainda que a Índia antecipou a implantação do padrão EURO IV e a China possivelmente antecipará o padrão EURO V especificamente nas regiões metropolitanas com problemas mais agudos de poluição. Ainda quanto às datas, cabe destacar que as diferentes fontes de informação podem usar diferentes valores, dependendo de como é considerado o "phase-in". Neste trabalho utilizou-se as datas a partir do qual os limites valem para todos os veículos novos.

---

<sup>8</sup> Vide <<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29age.html>>, acesso em 27/07/2014.

**Figura 3.1. Evolução de limites internacionais de emissões de NO<sub>x</sub> e MP**





A evolução dos limites nacionais confrontados aos da União Europeia, na qual a legislação brasileira se baseia, é também apresentada na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1. Evolução dos limites de emissões dos veículos pesados**

| UE <sup>(1)</sup> |      | Brasil |           |           | Procedim.<br>de ensaio | CO   | HC   | NMHC <sup>(2)</sup> | CH <sub>4</sub> <sup>(2)</sup> | NO <sub>x</sub> | MP   | NH <sub>3</sub> | NP                   |
|-------------------|------|--------|-----------|-----------|------------------------|--|------|---------------------|--------------------------------|-----------------|------|-----------------|----------------------|
| Fase              | Ano  | Fase   | Ano       |           |                        | g/kWh                                      | ppm  | nº/kWh              |                                |                 |      |                 |                      |
|                   |      |        | Ônibus    | Caminhão  |                        |  |      |                     |                                |                 |      |                 |                      |
| -                 | -    | P-1    | 1987      | 1989      | NBR<br>7026/7027       | Somente índice de fumaça (teor de fuligem) |      |                     |                                |                 |      |                 |                      |
| Euro 0            | 1988 | P-2    | --        | 1994/1996 | ECE R49                | 11,2                                       | 2,4  | -                   | -                              | 14,4            | -    | -               | -                    |
| Euro I            | 1991 | P-3    | 1994      | 1996/2000 | ECE R50                | 4,5  | 1,1  | -                   | -                              | 8,0             | 0,36 | -               | -                    |
| Euro II           | 1996 | P-4    | 1998      | 2000/2002 | ECE R51                | 4,0  | 1,1  | -                   | -                              | 7,0             | 0,15 | -               | -                    |
| Euro III          | 2000 | P-5    | 2004/2005 | 2005/2006 | ESC <sup>(3)</sup>     | 2,1  | 0,66 | -                   | -                              | 5,0             | 0,10 | -               | -                    |
|                   |      |        |           |           | ETC <sup>(4)</sup>     | 5,45                                       | -    | 0,78                | 1,6                            | 5,0             | 0,16 | -               | -                    |
| Euro IV           | 2005 | P-6    | 2009      |           | ESC                    | 1,5  | 0,46 | -                   | -                              | 3,5             | 0,02 | 25              | -                    |
|                   |      |        |           |           | ETC                    | 4,0  | -    | 0,55                | 1,1                            | 3,5             | 0,03 | -               | -                    |
| Euro V            | 2008 | P-7    | 2012      |           | ESC                    | 1,5  | 0,46 | -                   | -                              | 2,0             | 0,02 | 25              | -                    |
|                   |      |        |           |           | ETC                    | 4,0  | -    | 0,55                | 1,1                            | 2,0             | 0,03 | -               | -                    |
| Euro VI           | 2014 | P-8?   | ?         |           | WHSC <sup>(5)</sup>    | 1,5  | 0,13 | -                   | -                              | 0,40            | 0,01 | 10              | 8,0x10 <sup>11</sup> |
|                   |      |        |           |           | WHTC <sup>(6)</sup>    | 4,0  | -    | 0,16                | 0,5                            | 0,46            | 0,01 | -               | 6,0x10 <sup>11</sup> |

(1) União Europeia.

(2) Aplicável a motores ciclo Otto.

(3) Sigla em inglês de Ciclo Estacionário Europeu.

(4) Sigla em inglês de Ciclo Transiente Europeu.

(5) Sigla em inglês de Ciclo Estacionário Harmonizado Mundial.

(6) Sigla em inglês de Ciclo Transiente Harmonizado Mundial.

É possível verificar nessa tabela que o Brasil vem seguindo os limites da União Europeia defasado de quatro a seis anos. No entanto, como será apontado adiante, nem sempre o Brasil adotou integralmente todos os critérios contidos nas regulamentações europeias que estabeleceram esses limites.

## 4 Evolução promovida pela regulamentação EURO VI

Para atingir plenamente os objetivos ambientais pretendidos pela nova etapa, a regulamentação EURO VI não somente reduziu os limites de emissões existentes, como também aumentou a lista de compostos controlados, aperfeiçoou os procedimentos de avaliação das emissões existentes e introduziu novos procedimentos, estabeleceu provisões para novos combustíveis, aumentou o rigor dos requisitos do OBD, e estabeleceu novos mecanismos para facilitar o acesso às informações sobre a reparação e a manutenção dos veículos.

### 4.1 Aumento do número de compostos controlados

Como já mencionado, além de aumentar, de maneira geral, o rigor dos limites dos compostos já controlados, equiparando aos limites da legislação estadunidense vigente (EPA 2010), a regulamentação EURO VI, ao levar em consideração que material particulado (MP) fino tem maior impacto na saúde que o MP de maiores dimensões, estabeleceu um limite para o número

de partículas emitidas. Além disso, ela obriga os fabricantes a declararem o consumo de combustível e a emissão de CO<sub>2</sub>, com o objetivo de se obter dados para subsidiar uma política de mitigação de emissão de GEE. E ainda, define que em futuro próximo será estabelecido um limite para a emissão de NO<sub>2</sub>, por ser, entre os óxidos de nitrogênio, o que tem maior impacto na saúde.

## 4.2 Provisões para novos combustíveis

A regulamentação EURO VI também introduziu uma série de provisões destinadas a contemplar o uso de combustíveis alternativos ao óleo Diesel. Isso está declarado tanto nos considerandos (12) e (13) do Regulamento CE nº 595/2009 já reproduzidos acima no item “Alterações na lista de compostos controlados”, como na determinação de seu Artigo 5º - Requisitos e ensaios:

*4. A Comissão aprova medidas para a aplicação do presente artigo, incluindo medidas no que respeita ao seguinte:*

*[...]*

*h) Combustíveis de referência, como a gasolina, o gasóleo, combustíveis gasosos e biocombustíveis, designadamente o bioetanol, o biodiesel e o biogás;*

Outros avanços significativos estão no Regulamento CE nº 582/2011, que no item 1 de seu Anexo I estabelece os requisitos de homologação dos motores no que tange a gama de combustíveis possíveis com os quais os motores podem operar, entre os quais, além dos combustíveis convencionais, se menciona o B100, gasool (E10 e E85), as diferentes composições existentes de gás natural e de gás liquefeito de petróleo (GLP), e das possíveis misturas entre esses combustíveis, e em seu Anexo IX onde são apresentadas as especificações dos combustíveis de referência. A saber: do biodiesel B7, no lugar do óleo diesel; do etanol para motores de ignição por compressão (ciclo Diesel); dos gasools E10 e E85, que são a mistura de gasolina com, respectivamente, 10% e 85% de etanol em volume; GLP; e gás natural ou biometano (biogás).

Na prática, a regulamentação EURO VI, sem diminuir o rigor dos limites de emissões tóxicas, torna mais flexível o uso desses diversos combustíveis ou mistura deles, inclusive de outros combustíveis não listados aqui. A adoção dessas provisões pelo Brasil seriam favoráveis ao prosseguimento das inúmeras pesquisas de combustíveis alternativos aqui realizadas.

## 4.3 Aperfeiçoamento dos procedimentos de avaliação das emissões

As legislações ambientais veiculares ao instituírem limites de emissões, estabelecem, concomitantemente, as condições como as quais devem ser medidas. Essa referência é importante tanto para a indústria automobilística conseguir desenvolver soluções que possibilitem atender esses limites, como para os órgãos ambientais exercerem seus controles. Naturalmente, uma vez estabelecido, as soluções desenvolvidas são otimizadas para esse padrão. Portanto, é muito importante que esse padrão retrate adequadamente as reais condições de uso dos veículos, caso contrário, há o risco de que essas soluções sejam, na prática, pouco eficazes na mitigação das emissões veiculares.

Outra questão associada ao padrão de medição adotado é que a utilização dos controles eletrônicos programáveis permite que os fabricantes facilmente desenvolvam uma solução para o veículo operando segundo o procedimento padronizado, e outra para o veículo operando fora dessa condição, incompatível com as metas ambientais almejadas. Esses dispositivos de manipulação ou neutralização eletrônica dos dispositivos de controle de poluição são usualmente denominados “defeat devices”. Casos dessa natureza já foram detectados tanto nos países mais

avançados nas políticas de controle de emissões quanto no Brasil, o que, de maneira geral, resultou em penalidades aos fabricantes que assim o fizeram.

Em função de um episódio dessa natureza, a US EPA introduziu no final da década de 90 o conceito da “conformidade em uso” (“*in-use compliance*”), por meio da avaliação das emissões dos veículos pesados em testes de campo, e a fixação do critério “para não exceder” (NTE, sigla em inglês), segundo o qual, para o veículo ser aprovado, suas emissões não podem ultrapassar mais do que 1,25 vezes os limites estabelecidos quando operando em uma grande região pré-definida do mapa do motor. Ainda assim, o procedimento originalmente adotado recebeu críticas e, em decorrência, vem sendo aperfeiçoado<sup>9</sup>.

Para coibir essa prática, a União Europeia, em um primeiro momento, adotou uma solução mais simples. A partir do padrão EURO IV, a regulamentação facultou aos órgãos ambientais, escolher, a seu critério, três condições de ensaio quaisquer além daquelas pré-fixadas no Ciclo Estacionário Europeu (ESC, sigla em inglês).

Apesar desse cuidado e do rigor dos limites impostos, verificou-se recentemente que muitos dos ônibus e caminhões EURO IV e V que utilizavam sistemas de pós-tratamento do tipo SCR, na prática, particularmente no tráfego urbano, apresentavam níveis de emissões de NO<sub>x</sub> muito mais elevados, chegando, em alguns casos, a serem superiores ao de veículos de fases anteriores (ICCT 2012). Isso possivelmente está ocorrendo por causa da baixa eficiência dos sistemas SCR para conversão de NO<sub>x</sub> quando operando em temperaturas mais baixas, mas também porque os procedimentos de homologação anteriormente vigentes não eram capazes de capturar essa realidade. Não existem levantamentos no Brasil, o que conviria fosse feito, mas é bastante provável que isso também esteja ocorrendo aqui.

Motivados por questões dessa natureza, uma das mais expressivas alterações introduzidas pela União Europeia no padrão EURO VI foi uma significativa mudança nos procedimentos de avaliação das emissões veiculares. Ela não somente alterou os padrões dos ensaios de homologação como instituiu provisões para se estabelecer um procedimento europeu similar ao NTE da USEPA, que serão revistos a seguir.

#### **4.3.1 Novos padrões de ensaios de homologação**

Para fazer frente às questões anteriores, e também buscando contribuir para uma padronização internacional, a primeira mudança introduzida pelo padrão EURO VI nos procedimentos de medição foi a substituição dos ciclos de ensaio anteriores, a saber ESC<sup>10</sup> e ETC<sup>11</sup>, utilizados pelo PROCONVE P-7, pelos padrões desenvolvidos no âmbito do WP.29 da UNECE que são os

---

<sup>9</sup> Vide, por exemplo, <<https://www.dieselnet.com/standards/cycles/nte.php>>, acesso em 16/08/2014.

<sup>10</sup> O Ciclo Estacionário Europeu consiste de um ensaio realizado em treze condições de carga e rotação estabilizadas (permanentes) pré-definidas, aos quais podem ser adicionadas mais três selecionadas aleatoriamente pelos representantes da agência ambiental.

<sup>11</sup> Sigla em inglês de Ciclo Transiente Europeu, que consiste de um ensaio realizado segundo um ciclo pré-definido de cargas e rotações variáveis segundo a segundo, simulando a operação do motor conforme determinada condição de uso do veículo.

WHSC<sup>12</sup> e WHTC<sup>13</sup>, que juntos compõe o procedimento denominado "*World-wide Heavy-Duty Certification*" (WHDC).

Esses novos ciclos foram elaborados com base em levantamentos realizados nas frotas em uso, com o objetivo de reproduzir, por meio de um ensaio de motor, as condições de uso típicas observadas na União Europeia, Estados Unidos, Japão e Austrália. Apesar do longo período de seus desenvolvimentos, eles ainda não foram adotados por todos esses países, supostamente porque ainda existem algumas divergências técnicas que precisam ser sanadas. Além disso, eles também precisarão ser revistos para acomodar questões como novos combustíveis e as novas tecnologias que estão se difundindo, por exemplo, veículos híbridos<sup>14</sup>.

Para assegurar que o padrão de ensaio aqui adotado conduza ao desenvolvimento de soluções técnicas nacionais eficazes no combate da poluição de nossos grandes centros urbanos e que, dessa forma, se justifiquem todos os investimentos e custos associados a essa matéria, conviria que esse padrão fosse criteriosamente avaliado antes de estabelecido. Para tanto, é necessário levar em consideração as reais condições de uso e emissões da frota em circulação nas regiões metropolitanas, o que demanda a realização de levantamentos experimentais ainda incipientes no país. Na verdade, conhecer a verdadeira situação da frota é fundamental não somente no tocante a essa questão, mas também para a definição de qualquer outra política pública associada ao tema.

De qualquer forma, existem alguns indícios favoráveis para a adoção dos novos ciclos de homologação da regulamentação EURO VI.

Inicialmente, o WHTC prescreve a avaliação das emissões dos motores dos veículos pesados desde sua partida a frio, condição na qual algumas emissões são significativamente maiores do que aquelas observadas após o motor atingir sua estabilidade térmica, estado este utilizado no procedimento ETC preconizado pelo PROCONVE P-7. Para tanto, o novo procedimento indica a execução de um primeiro ciclo de medição a partir do motor frio (fase fria), seguido de um segundo ciclo (fase quente) após um intervalo de 10 minutos com o motor desligado entre eles ("*soaking*"). No WHTC, dá-se peso de 14% aos resultados da fase fria, e 86% aos da fase quente. Essa ponderação leva em consideração o peso da fase fria na condição de uso do veículo. Quanto mais tempo o veículo operar continuamente menor será seu peso, e vice versa. O pequeno peso relativo da fase fria do WHTC é, em princípio, uma indicação que esses veículos de utilização comercial rodam grande parte do tempo aquecidos. Convém lembrar que o resultado do WHTC também se compõe com o do WHSC, rodado exclusivamente com o motor aquecido.

Outro aspecto importante é a representatividade desses ciclos. O desenvolvimento desses ciclos para motores se baseou em uma determinada condição de uso média dos veículos. Para ilustrar as diferenças existentes, são apresentadas na Figura 4.1 os perfis de velocidade em função do

---

<sup>12</sup> Sigla em inglês de Ciclo Estacionário Harmonizado Mundial, que consiste de um ensaio realizado em treze condições de carga e rotação estabilizadas (permanentes) pré-definidas.

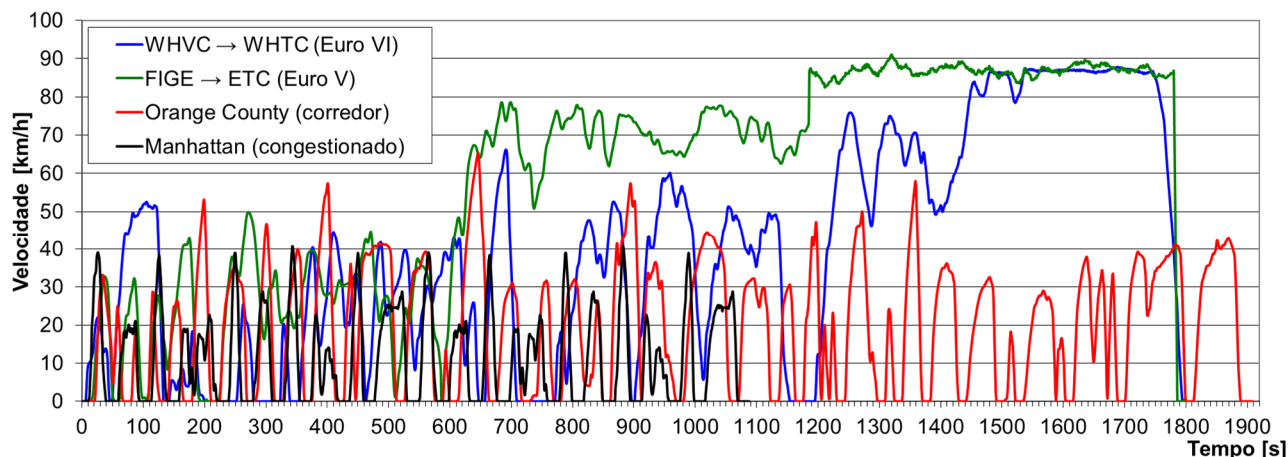
<sup>13</sup> Sigla em inglês de Ciclo Transiente Harmonizado Mundial, que consiste de um ensaio realizado segundo um ciclo pré-definido de cargas e rotações variáveis segundo a segundo, simulando a operação do motor conforme determinada condição de uso do veículo.

<sup>14</sup> Provisões para a avaliação de veículos pesados híbridos já estão sendo desenvolvidos pelo GTR 4 da UNECE.



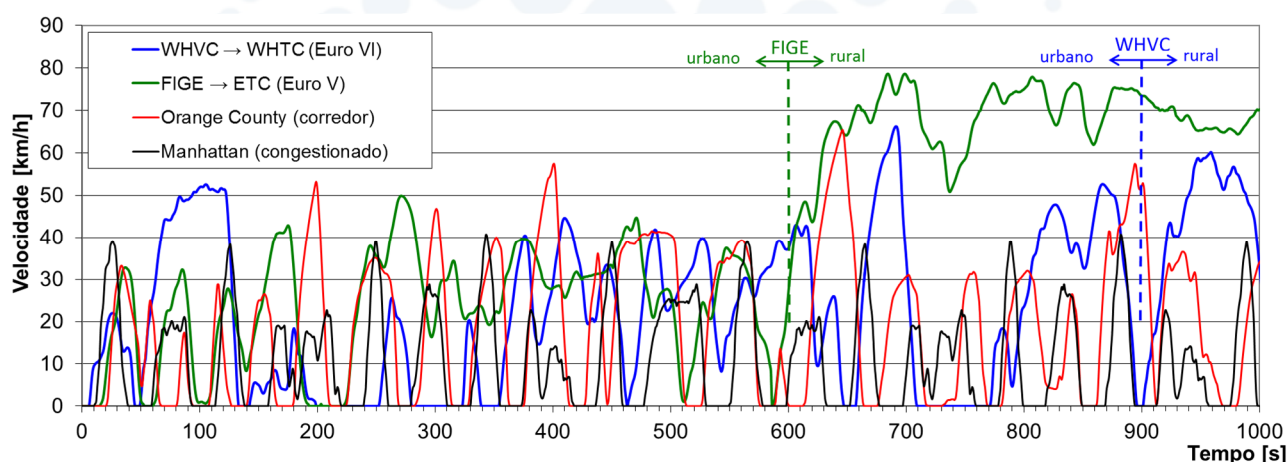
tempo do ciclo FIGE<sup>15</sup> e do WVHC<sup>16</sup> que serviram de base, respectivamente, para o ETC e o WHTC, e dos ciclos padrão “Orange County” e “Manhattan” os quais se verificou eram adequados para representar as condições de uso dos ônibus paulistanos (IPT 2007).

**Gráfico 4.1 Ciclos bases dos ETC e WHTC comparados a ciclos representativos das condições de uso dos ônibus paulistanos**



As diferenças entre esses ciclos são evidentes mesmo se tomados somente os trechos urbanos dos ciclos FIGE e WVHC, como mostrado no Gráfico 4.2.

**Gráfico 4.2 Trechos urbanos dos ciclos bases dos ETC e WHTC comparados a ciclos representativos das condições de uso dos ônibus paulistanos**



Essas diferenças, e a representatividade desses ciclos, também podem ser verificadas por meio dos valores médios dos principais parâmetros que os caracterizam, apresentados na Tabela 4.1. Além daqueles referentes aos ciclos mencionados, são também exibidos nessa tabela, os valores médios observados no levantamento realizado pelo IPT em 2006 da antiga linha 5300 Praça da Sé – Terminal Santo Amaro. A melhor representatividade dos ciclos “Orange County” e “Manhattan” é também endossada pelo recente levantamento realizado pelo IEMA (2014)<sup>17</sup> com

<sup>15</sup> Ciclo transiente desenvolvido pelo FIGE Institute, Aachen, Alemanha, baseado em um levantamento realizado em veículos pesados em condições de uso (“FIGE Report 104 05 316”, janeiro de 1994).

<sup>16</sup> Sigla em inglês de Ciclo Veicular Harmonizado Mundial. Apesar de rigorosamente não ser um procedimento padronizado que possa ser utilizado para fins regulatórios, ele muitas vezes o é para fins de pesquisa.

<sup>17</sup> Vide também <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/08/1502478-onibus-estao-22-mais-rapidos-na-faixa-exclusiva-da-av-23-de-maio.shtml>>, acesso em 24/8/2014.

o propósito de avaliar a implantação das faixas exclusivas de ônibus. Verificaram-se nesse estudo as seguintes velocidades médias das linhas que hoje circulam nas faixas exclusivas da: Av. Brigadeiro Luís Antônio, de 9,4 a 10,7 km/h; Radial Leste, de 11,2 a 16,1 km/h; Avenida 23 de Maio, de 11,3 a 24,3 km/h.

**Tabela 4.1. Comparação dos parâmetros médios dos trechos urbanos dos ciclos bases dos ETC e WHTC e ciclos representativos das condições de uso dos ônibus paulistanos**

| Grandeza               | Unid. | Manhattan<br>(congestionado) | Linha 5300 <sup>(1)</sup><br>(corredor) | Orange County | WHVC urbano<br>→ WHTC (Euro VI) | FIGE urbano<br>→ ETC (Euro V) |
|------------------------|-------|------------------------------|---|---------------|---------------------------------|-------------------------------|
| $V_{média}$            | km/h  | 11,0                         | 18,8                                    | 19,8          | 21,2                            | 23,2                          |
| $\sigma_v$             | km/h  | 11,8                         | 16,8                                    | 16,6          | 18,1                            | 13,4                          |
| $\sigma_v/V_{média}$   | %     | 107%                         | 89%                                     | 84%           | 85%                             | 58%                           |
| $V_{max}$              | km/h  | 40,7                         | 55,2                                    | 65,4          | 66,2                            | 49,9                          |
| $T_{parado}/T_{total}$ | %     | 36%                          | 24%                                     | 21%           | 22%                             | 9%                            |
| Nº paradas / km        |       | 6,2                          | 2,2                                     | 2,9           | 1,5                             | 1,0                           |

<sup>(1)</sup> Valores médios observados em 2006, **fora do horário de pico**, na antiga linha Praça da Sé – Terminal Santo Amaro, que circulava em grande parte do trajeto em corredor.

Conviria realizar um estudo para verificar o ciclo mais adequado para as condições nacionais. Mas com base nessas informações é possível concluir que entre os dois, o WHTC representa melhor a realidade brasileira do que o ciclo FIGE.

Na União Europeia, os ciclos WHSC e WHTC também são utilizados para o propósito de se medir o consumo de combustíveis e as emissões de CO<sub>2</sub> dos motores. Por enquanto, há somente a obrigatoriedade de se anotar os valores dessas grandezas, com o objetivo de obter dados para consolidar o futuro estabelecimento de uma política destinada à mitigação das emissões de GEE por veículos pesados ora em discussão.

#### 4.3.2 Avaliações de emissões complementares

Outra medida adotada pela regulamentação EURO VI para assegurar a representatividade dos resultados e coibir os “*defeat devices*”, foi instituir provisões para se estabelecer um procedimento europeu de conformidade em circulação<sup>18</sup>, similar ao NTE da USEPA. Essa determinação foi genericamente introduzida nos excertos do Regulamento CE nº 595/2009 listados abaixo:

*Considerando o seguinte:*

[...]

*(21) A fim de controlar melhor as emissões reais dos veículos em circulação, incluindo as emissões fora de ciclo, e facilitar o processo de conformidade em circulação, deverá ser adotada uma metodologia de ensaio e prescrições de desempenho baseadas na utilização dos sistemas de medição de emissões portáteis, de acordo com um calendário apropriado.*

<sup>18</sup> O termo “conformidade em circulação”, utilizado nos textos oficiais da UE em português, equivale aos termos “*in-service conformity*” (ISC), utilizado nos textos em inglês da UE, e “*in-use compliance*” (IUC), utilizado nos EUA. Por referirem-se ao mesmo conceito, ambos os termos em inglês são comumente encontrados na bibliografia internacional, indiferentemente a que região se referem.



[...]

#### Artigo 5º - Requisitos e ensaios

[...]

4. A Comissão aprova medidas para a aplicação do presente artigo, incluindo medidas no que respeita ao seguinte:

[...]

a) Emissões do tubo de escape, incluindo ciclos de ensaio, utilização de sistemas de medição de emissões portáteis para verificação das emissões de fato liberadas em condições reais de funcionamento e para verificação e limitação das emissões fora de ciclo, determinação de valores-limite para o número de partículas, na observância dos ambiciosos requisitos ambientais existentes, e emissões em regime de marcha lenta;

Os Anexos II (“Conformidade dos Motores ou Veículos em Circulação”) e VI (“Requisitos em matéria de limitação de emissões fora de ciclo (OCE, sigla em inglês) e de emissões em circulação”) do Regulamento CE nº 582/2011 disciplinam sua aplicação. Estes já contêm alguns aperfeiçoamentos em relação ao NTE. Entretanto, tanto no considerando reproduzido a seguir:

(7) Nos termos do artigo 5º do Regulamento CE nº 595/2009, a Comissão deve adotar medidas com vista à aplicação do uso de sistemas portáteis de medição para verificação das emissões de fato liberadas em condições reais de funcionamento e para verificação e limitação das emissões fora de ciclo. É, pois, necessário estabelecer, num prazo adequado, disposições em matéria de emissões fora de ciclo, tanto para a homologação como para a verificação e limitação das emissões fora de ciclo em condições reais de funcionamento. Para efeitos de conformidade em circulação, deve ser adotado um procedimento relativo ao uso de sistemas portáteis de medição das emissões (a seguir designados por PEMS). Os procedimentos PEMS adotados com o presente regulamento devem ser submetidos a uma avaliação com base na qual devem ser conferidos à Comissão poderes para alterar as disposições respeitantes aos veículos em circulação.

Como em seu Artigo 14º (“Requisitos destinados a limitar as emissões fora de ciclo”), mostrado abaixo:

1. O fabricante deve adotar todas as medidas necessárias para assegurar que, em conformidade com o presente regulamento e com o artigo 4º do Regulamento CE nº 595/2009, as emissões do tubo de escape são efetivamente limitadas durante todo o período normal de vida útil do veículo e em condições normais de utilização.

Essas medidas devem ter em conta:

a) Os requisitos gerais, incluindo os requisitos de desempenho e a proibição de estratégias manipuladoras;

b) Os requisitos que permitam limitar efetivamente as emissões do tubo de escape no conjunto das condições ambiente em que o veículo possa funcionar e no conjunto das condições de funcionamento que possam existir;

c) Os requisitos respeitantes aos ensaios laboratoriais fora de ciclo quando da homologação;

d) Quaisquer requisitos suplementares respeitantes aos ensaios fora de ciclo, em circulação, do veículo, conforme previsto no presente regulamento;

e) O requisito de o fabricante fornecer uma declaração de conformidade integrando os requisitos respeitantes à limitação de emissões fora de ciclo.

[...]

3. Quaisquer requisitos suplementares respeitantes aos ensaios fora de ciclo, em circulação, do veículo, referidos no nº 1, alínea d, devem ser adotados após a avaliação dos procedimentos PEMS previstos no anexo II. A avaliação deve estar concluída até 31 de dezembro de 2014.

A União Europeia reconhece tratar-se de uma metodologia que precisa ser mais bem desenvolvida. Em decorrência disso, vem sendo realizados uma série de estudos por diferentes institutos de pesquisas e empresas, com o objetivo de se refinar os critérios nela contidos, assegurando que o procedimento seja efetivamente representativo da condição de uso típico dos veículos. Essa discussão envolve questões desde como limitar que o comportamento do motorista durante essa avaliação não seja nem excessivamente leve, nem excessivamente agressivo. Além disso, ainda é necessário verificar a compatibilidade dos sistemas portáteis de medição das emissões (PEMS, sigla em inglês) com os requisitos existentes para as condições que forem estabelecidas, sendo ainda desejável que desenvolvam PEMS capazes de medir as emissões de NO<sub>2</sub> e NP recém regulamentadas.

Até a eventual adoção do padrão EURO VI pelo Brasil, possivelmente essa metodologia e correspondente instrumentação já estarão consolidadas.

#### 4.4 Sistema de diagnose embarcado (OBD)

Os sistemas de autodiagnose de bordo<sup>19</sup> (OBD) surgiram com a introdução de sistemas de controle eletrônicos nos motores de combustão. No início, muitas vezes, os OBDs eram sistemas dedicados, de acesso exclusivo de seus fabricantes e correspondentes oficinas autorizadas. A importância do OBD como objeto de interesse público foi reconhecida pela primeira vez na emenda de 1990 do “*Clean Air Act*” dos EUA, país que o tornou obrigatório nos veículos leves a partir de 1994.

A parte padronizada e regulamentada dos OBDs tem por propósito detectar qualquer problema que possa afetar o correto funcionamento do sistema de controle de emissões, passível de ser diagnosticado pelos sensores e atuadores eletroeletrônicos do veículo. Quando isso ocorrer, o OBD deve alertar o motorista por meio da lâmpada indicadora de mau funcionamento (LIM), armazenar a correspondente informação em sua memória, e permitir que essa informação seja transmitida para fora do veículo. Além disso, o OBD pode também alterar as condições de operação dos motores, por exemplo, reduzindo sua potência ou mesmo, no limite, desligando o motor. Isso o torna a ferramenta mais efetiva para assegurar o correto uso e manutenção dos sistemas de controle de emissões, sendo hoje também largamente utilizado como principal instrumento dos programas de inspeção e manutenção (I/M) existentes nos EUA.

Em 1997, o governo do Estado da Califórnia adotou uma versão mais rigorosa e restritiva a qual, para diferenciá-la de sua versão preliminar de 1991, hoje denominada OBD I, passou a ser denominada OBD II. Esta versão californiana foi incorporada à legislação federal estadunidense em 1998.

A versão europeia, o EOBD, tornou-se obrigatória para veículos leves a gasolina a partir de 2000, veículos leves a diesel a partir de 2003 e para veículos pesados a partir de 2005 (EURO IV). A versão brasileira, o OBD-Br<sup>20</sup>, começou a ser progressivamente obrigatório para veículos leves a partir de 2007, e para veículos pesados a partir da fase P-7 (equivalente à EURO V) do PROCONVE em 2012<sup>21</sup>.

Destaque-se que apesar de compartilharem de alguns elementos comuns, as regulamentações internacionais sobre OBD diferem quanto aos critérios a elas incorporados. Isso ocorre não

---

<sup>19</sup> Denominação utilizada nas resoluções do PROCONVE.

<sup>20</sup> Resolução CONAMA nº 126/2006.

<sup>21</sup> Instrução Normativa IBAMA nº 04/2010.

somente quanto aos itens por ele cobertos, como também nos limites utilizados para que esses sistemas de diagnose considerem, como uma anomalia, um determinado comportamento dos componentes por ele monitorados. As regulamentações de OBD brasileiras, em particular, baseiam-se nas Diretivas da Comissão Europeia. Hoje já se discute a possibilidade de se estabelecer uma norma internacional para o OBD.

A regulamentação EURO VI<sup>22</sup> introduziu modificações nos requisitos do OBD, aumentando significativamente o seu rigor. Os limites dessa nova fase comparados aos das fases anteriores são apresentadas na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2 Limites do OBD para o acionamento do código de falhas, em g/kWh**

| Fase        | Categoria                  | NO <sub>x</sub>    | PM    | CO             |
|-------------|----------------------------|--------------------|-------|----------------|
| Euro IV e V |                            | 7,0                | 0,1   |                |
| Euro VI     | motor ciclo Diesel         | 1,2 <sup>(2)</sup> | 0,025 |                |
|             | motor a gás <sup>(1)</sup> | 1,2 <sup>(2)</sup> |       | <sup>(3)</sup> |

<sup>(1)</sup> Aplica-se a todos os motores ciclo Otto e movidos a gás utilizados em veículos das categorias M3 (passageiros > 9 pessoas e > 5 ton), N2 (carga 3,5<PBT<12 ton) > 7.5 ton e N3 (carga PBT > 12 ton).

<sup>(2)</sup> Até o fim de 2015 para novos veículos e 2016 para os demais o limite é de 1,5 g/kWh.

<sup>(3)</sup> O limite de CO será fixado posteriormente.

Além disso, ela introduziu diversos requisitos adicionais. O OBD deve avaliar não somente a unidade eletrônica de controle (ECU, sigla em inglês) do motor, mas também todas outras unidades de controle eletrônico pertinentes como, por exemplo, uma eventual unidade independente do sistema de controle de pós-tratamento. Ele deve agora verificar o funcionamento do compressor do ar de admissão, dos injetores de combustível e do sistema de recirculação dos gases de escapamento (EGR, sigla em inglês). Em motores dotados de sistema de pós-tratamento<sup>23</sup>, ele deve monitorar, onde existirem, o desempenho dos filtros de material particulado diesel (DPF, sigla em inglês) e dos catalisadores, quer sejam eles unidades independentes, ou partes de conjuntos mais complexos desenvolvidos para aumentar a eficiência no abatimento dos poluentes.

Nos veículos equipados com redutor catalítico seletivo (SCR, sigla em inglês), o OBD deve monitorar o nível do tanque, a qualidade e o consumo de ARLA 32<sup>24</sup>. Nesse ou em qualquer outro sistema de controle da emissão de NO<sub>x</sub>, o OBD deve monitorar a emissão desse composto. Se ela exceder os limites da tabela acima, a ECU deve limitar o torque do motor, de forma a comprometer o desempenho do veículo. E se a emissão for 1,5 g/kWh superior aos limites acima, esse fato deve ser indicado ao motorista.

Essas informações devem ser gravadas na memória do OBD e serem acessíveis externamente.

## 4.5 Aumento da garantia

Outra provisão alterada pela regulamentação EURO VI é o rigor das condições de garantia sobre os componentes que afetam as emissões veiculares. Os fabricantes devem demonstrar que

<sup>22</sup> Anexo X do Regulamento CE nº 582/2011.

<sup>23</sup> Maiores informações sobre os sistemas de pós-tratamento são apresentadas no Anexo B.

<sup>24</sup> Sigla de Agente Redutor Líquido Automotivo, que é uma solução aquosa de ureia técnica, a 32,5% em massa, pulverizada nos gases de escape em sistemas de pós-tratamento SCR, objetivando a redução química do NO<sub>x</sub>.

motores e sistemas de controle de emissões, sob condições normais de uso, devem atender os limites de emissões estabelecidos durante os intervalos apresentados na Tabela 4.3. Como é possível observar nessa tabela, em relação ao EURO V, a regulamentação EURO VI aumentou os limites de quilometragem rodada, mas manteve os prazos.

**Tabela 4.3 Intervalos de garantia das regulamentações EURO**

| Classe veicular <sup>(1)</sup>  | Fase <sup>(2)</sup>            |                                |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
|   | Euro IV e V                    | Euro VI                        |
| M1 <sup>(3)</sup> , M2 <sup>(4)</sup> e N1 <sup>(6)</sup>   | <b>100.000 km</b><br>ou 5 anos | <b>160.000 km</b><br>ou 5 anos |
| M3 <sup>(5)</sup> classes I e II <sup>(9)</sup> , A <sup>(11)</sup> e B <sup>(12)</sup> ≤ 7.5 ton<br>N2 <sup>(7)</sup> e N3 ≤ 16 ton <sup>(8)</sup> | <b>200 000 km</b><br>ou 6 anos | <b>300 000 km</b><br>ou 6 anos |
| M3 <sup>(5)</sup> classe III <sup>(10)</sup> e classe B > 7.5 ton<br>N3 > 16 ton <sup>(8)</sup>   | <b>500 000 km</b><br>ou 7 anos | <b>700 000 km</b><br>ou 7 anos |

<sup>(1)</sup> Limites em toneladas referem-se ao Peso Bruto Total (PBT) do veículo.

<sup>(2)</sup> O que ocorrer primeiro.

<sup>(3)</sup> M1 é a classe dos veículos leves de passageiros com lotação de ≤ 9 pessoas, inclusive o motorista<sup>25</sup>.

<sup>(4)</sup> M2 é a classe dos veículos de passageiros com lotação de > 9 pessoas e PBT ≤ 5 ton.

<sup>(5)</sup> M3 é a classe dos veículos de passageiros com lotação > 9 pessoas e PBT > 5 ton.

<sup>(6)</sup> N1 é a classe dos veículos de carga PBT ≤ 3,5 ton.

<sup>(7)</sup> N2 é a classe dos veículos de carga com PBT > 3,5 ton e ≤ 12 ton.

<sup>(8)</sup> N3 é a classe dos veículos de carga PBT > 12 ton.

<sup>(9)</sup> M3 classes I e II são tipicamente micro-ônibus e ônibus urbanos<sup>26</sup>.

<sup>(10)</sup> M3 classe III são tipicamente micro-ônibus e ônibus rodoviários.

<sup>(11)</sup> M3 classe A são veículos concebidos para o transporte de passageiros de pé.

<sup>(12)</sup> M3 classe B são veículos concebidos para o transporte de passageiros sentados.

**Tabela 4.4 Intervalos de garantia do PROCONVE**

| Classe veicular <sup>(1)</sup> | Fase <sup>(2)</sup>                           |
|--------------------------------|---|
| Leves <sup>(13)</sup>          | <b>80.000 km</b><br>ou 5 anos                 |
| Pesados ≤ 16 ton               | <b>160.000 km</b><br>ou 5 anos <sup>(4)</sup> |
| Pesados > 16 ton               | <b>500 000 km</b><br>ou 7 anos <sup>(5)</sup> |

<sup>(1)</sup> Limites em toneladas referem-se ao Peso Bruto Total (PBT) do veículo.

<sup>(2)</sup> O que ocorrer primeiro.

<sup>(3)</sup> Veículos com PBT ≤ 3.866 kg e, no caso de veículos de passageiros, com lotação ≤ 9 pessoas.

<sup>(4)</sup> Aplicável a todos os pesados, conforme prescreve o Artigo 10º da Resolução CONAMA 08/1993.

<sup>(5)</sup> Válido para os pesados com PBT > 16 ton, conforme prescreve o Artigo 2º da Resolução CONAMA 403/2008.

Confrontando os quesitos de garantia na Europa aos atualmente empregados pelo PROCONVE, apresentados na Tabela 4.4, observa-se que existem diferenças significativas. As atuais

<sup>25</sup> Conforme Anexo II da Diretiva 2007/46/CE.

<sup>26</sup> Conforme Anexo I da Diretiva 2001/85/CE.

garantias exigidas pelo PROCONVE só se equivalem aos quesitos do correspondente EURO V para veículos com PBT superior a 16 toneladas a partir do PROCONVE P-7, ou seja, ônibus grandes e alguns caminhões médios e todos os pesados, cuja utilização é predominantemente rodoviária. Para grande parte da frota diesel que circula nos grandes centros urbanos, composta por caminhões leves (“VUCs”) e ônibus urbanos convencionais, o quesito de garantia atual do PROCONVE é menos rigoroso do que o preconizado pelo padrão EURO V, e se adotado o padrão EURO VI ele praticamente precisaria dobrar no limite da quilometragem e adicionar um ano ao prazo.

Somente os fabricantes, com o suporte de sua rede de concessionárias, seriam capazes de estimar qual o impacto que a extensão da garantia teria no preço dos veículos.

No entanto, é preciso destacar que esse segmento de veículos diesel de menor porte é o que deveria receber maior atenção, uma vez que é nos grandes urbanos onde a questão da poluição atmosférica é mais crítica, e onde uma legislação ambiental mais rigorosa se justifica.

### **Acesso à informação necessária para a correta manutenção dos veículos**

Apesar da evolução da tecnologia veicular aumentar a confiabilidade e durabilidade dos veículos, a introdução promovida pela legislação ambiental de sistemas de controle cada vez mais sofisticados, com participação crescente da eletrônica embarcada, faz com que a manutenção dos veículos se torne cada vez mais dependente da tecnologia utilizada em seus componentes e, sobretudo, das informações contidas em suas centrais eletrônicas. A dependência desse conhecimento para a realização de manutenções fornece, em princípio, uma vantagem competitiva aos fabricantes e correspondentes oficinas autorizadas. Para assegurar a livre concorrência de mercado e, assim, estimular a correta manutenção dos veículos, as regulamentações da União Europeia anteriores ao EURO VI já tratavam do acesso a essas informações. Entretanto, a regulamentação EURO VI dá ainda mais ênfase a essa questão. Essa determinação fica mais clara nos excertos do texto do Regulamento CE nº 595/2009 reproduzidos abaixo.

*Considerando o seguinte:*

*[...]*

*(8) Para melhorar o funcionamento do mercado interno, nomeadamente no que diz respeito à livre circulação de mercadorias, à liberdade de estabelecimento e à liberdade de prestação de serviços, é necessário garantir o acesso ilimitado à informação sobre a reparação de veículos, através de um formato normalizado que possa ser utilizado para obter informações técnicas e uma concorrência efetiva no mercado dos serviços de informação relativa à reparação e manutenção de veículos. Grande parte desta informação diz respeito aos sistemas de diagnóstico a bordo (OBD) e à sua interação com outros sistemas do veículo. É necessário estabelecer especificações técnicas, que deverão ser seguidas pelos fabricantes, relativas à prestação de informações nas suas páginas de internet, conjuntamente com medidas seletivas destinadas a assegurar um acesso razoável para as pequenas e médias empresas.*

*[...]*

*(10) A Comissão deverá incentivar o desenvolvimento de um formato-padrão internacional para o acesso ilimitado e normalizado às informações relativas à reparação e manutenção de veículos, recorrendo, por exemplo, ao trabalho do Comité Europeu de Normalização (CEN).*



*(11) É essencial estabelecer uma norma europeia comum para o formato das informações sobre o sistema OBD e sobre a reparação e manutenção dos veículos. Até que essa norma seja aprovada, as informações sobre o sistema OBD e sobre a reparação e manutenção dos veículos pesados deverão ser apresentadas de forma imediatamente acessível e num formato que garanta o acesso não discriminatório. As informações deverão ser disponibilizadas nas páginas de internet dos fabricantes ou, se isso não for exequível devido à natureza das informações em causa, por qualquer outra via considerada adequada.*

Em consequência desses princípios, esse regulamento ordena em seu Artigo 6º:

*1. Os fabricantes devem fornecer aos operadores independentes acesso ilimitado e normalizado às informações sobre os sistemas OBD dos veículos, aos equipamentos de diagnóstico e outros, aos instrumentos, incluindo os suportes lógicos apropriados, e às informações sobre a reparação e manutenção dos veículos.*

*Os fabricantes devem fornecer um sistema normalizado, seguro e à distância para permitir que as oficinas de reparação independentes realizem operações que impliquem o acesso ao sistema de segurança do veículo.*

*No caso dos processos de homologação em várias fases, o fabricante responsável pela aprovação é também responsável pela prestação de informações relativas à reparação dos veículos respeitantes a essa fase, tanto ao fabricante final como aos operadores independentes. O fabricante final é responsável pela prestação das informações que digam respeito ao veículo no seu todo aos operadores independentes.*

*[...]*

*Até à aprovação da norma relevante, por exemplo, na sequência dos trabalhos do CEN, as informações sobre os sistemas OBD e sobre a reparação e manutenção dos veículos devem ser apresentadas de forma facilmente acessível e não discriminatória.*

*Essas informações devem ser disponibilizadas nas páginas de internet dos fabricantes ou, se isso não for exequível devido à natureza das informações em causa, por qualquer outra via considerada adequada.*

É preciso lembrar que as condições para a execução de manutenções no território nacional são ainda mais críticas, o que torna a implantação dessa medida ainda mais importante para promover a adequada manutenção dos veículos.

## **5 Outras questões associadas à implantação do padrão EURO VI**

À semelhança do que ocorreu no passado, alguns outros aspectos que podem impactar na implantação do padrão EURO VI no Brasil são: a disponibilidade de combustíveis adequados e do agente redutor líquido automotivo (ARLA 32), utilizado pelos sistemas SCR; a adequação da capacitação dos fabricantes para atender os novos requisitos; a tecnologia veicular requerida e, finalmente, o prazo necessário para sua implantação. Essas questões serão avaliadas a seguir.

### **5.1 Combustíveis e ARLA 32**

O cancelamento da fase PROCONVE P-6, prevista para ser implantada em 2009, ocorreu, sobretudo, em função de problemas associados à disponibilidade do óleo diesel de baixo teor de enxofre (S50 ou S10), do ARLA 32 e da tecnologia veicular. Com base na experiência em outros países, a necessidade de um óleo diesel com essa especificação e do ARLA 32 para atender as fases PROCONVE P-6 e P-7 já havia sido reconhecida desde as audiências públicas que antecederam a publicação da Resolução CONAMA nº 315/02 que as disciplinou. Entretanto, suas disponibilidades envolviam elementos como: a grande complexidade técnica e volume de recurso financeiro para adequar as refinarias para produzir o novo óleo diesel; o longo prazo



decorrido para elaborar-se a especificação nacional desse combustível<sup>27</sup>; o tempo requerido pela indústria automobilística para desenvolver as soluções técnicas após a definição dessa especificação; e, em paralelo, de quem seria a responsabilidade pela elaboração da especificação e pela produção e distribuição do ARLA 32.

Felizmente, ao contrário do que ocorreu naquela ocasião, o padrão EURO VI não requer alterações na especificação do óleo diesel de baixo teor de enxofre ou de novas medidas associadas ao ARLA 32. Ainda assim, é necessário tratar os seguintes pontos.

Ao contrário do que ocorre nos países que já adotam padrões mais restritivos, o Brasil ainda hoje convive com dois padrões de óleo diesel, o S10 e o S500<sup>28</sup>. Enquanto não houver distribuição exclusiva de S10, para reduzir o risco de que o uso do S500 em veículos com sistemas de pós-tratamento mais sofisticados comprometa a durabilidade desses sistemas e, consequentemente, os objetivos dessas legislações mais rigorosas, é necessária uma maior fiscalização dos veículos pós-fase P-7 e, se possível, adotar o quanto antes uma especificação de OBD mais rigorosa.

Em princípio, a utilização do biodiesel também não deveria se constituir um problema, uma vez que a própria regulamentação EURO VI prescreve B7 em substituição ao óleo diesel “puro”, a mesma mistura que a legislação brasileira determina que seja usada a partir de novembro de 2014<sup>29</sup>. Porém, vem sendo relatados alguns problemas vinculados ao uso do biodiesel, que possivelmente estão associados à qualidade ou especificação do combustível aqui distribuído<sup>30</sup>. Essa questão também precisa ser mais bem avaliada, para assegurar que isso não venha a causar problemas nos sistemas de pós-tratamento.

Outra questão que exige atenção é que o volume de ARLA 32 que está sendo consumido é inferior àquele que seria esperado para o número de veículos com SCR hoje existentes (FARAH 2014). Isso sugere que de alguma forma seu uso esteja sendo burlado, seja pela utilização de soluções de ureia fora da especificação, o que pode comprometer a durabilidade do sistema SCR, ou ainda pior que estejam sendo utilizados “*defeat devices*” que enganam os atuais mecanismos de controle dos motores, cuja solução mais uma vez seria a adoção de uma especificação de OBD mais rigorosa.

## 5.2 Adequação instrumental

Para executar o ensaio transiente ETC requerido pela fase PROCONVE P-7, os laboratórios que se capacitaram foram obrigados a adquirir um ou mais conjuntos de dinamômetro ativo, bancada de analisadores de emissão, túnel de diluição para medição de MP, sistema de condicionamento do ar de admissão, instrumentação e sistemas de controle e aquisição de dados - todos capazes de responder dinamicamente às condições transientes desse ciclo.

Foi também necessário adequar as instalações para os novos equipamentos. A maior complexidade dos equipamentos e dos procedimentos de ensaios também exigiu um significativo

---

<sup>27</sup> A especificação do óleo diesel de referência, necessário para os desenvolvimentos, foi estabelecida por meio da Resolução ANP 35/2007. A especificação do óleo diesel de baixo teor de enxofre comercial foi estabelecida por meio da Resolução ANP 42/2009, posteriormente modificada pelas Resoluções ANP 33/2010 e ANP 27/2014.

<sup>28</sup> Anteriormente a 2014, esse risco era ainda maior porque ainda se distribuía o S1800.

<sup>29</sup> Vide <<http://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=248716&norma=268252>>, acesso em 02/10/2014.

<sup>30</sup> Vide, por exemplo, <<http://www.biodieselbr.com/revista/019/coluna-paulo-suarez.htm>> e <<http://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/dist/distribuidoras-receiam-problemas-aumento-mistura-050614.htm>>, acessos em 30/9/2014.

dispêndio na adequação e treinamento das equipes. Isso implicou em um significativo investimento por parte das empresas que o fizeram, o que é endossado pelo fato de que, apesar da grande demanda existente por laboratórios dessa natureza no Brasil, poucas entidades ou empresas o fizeram, principalmente se excluídos os fabricantes de motores.

Ao contrário do que ocorreu na fase anterior do PROCONVE, a mudança exigida pelo padrão EURO VI para quem já está capacitado para executar ensaios transientes é, em princípio, significativamente mais simples. A adequação de uma bancada transiente existente demandará a substituição do ciclo de ensaio, de ETC para WHTC, a aquisição de um sistema contador de partículas e seu acoplamento ao túnel de diluição existente. Será também necessário adicionar à bancada de analisadores um analisador específico para o NO<sub>2</sub>, se e quando adotado esse item da regulamentação EURO VI. Se a legislação brasileira também estabelecer o procedimento de conformidade em circulação, isso também exigirá que fabricantes e certificadores disponham de sistemas portáteis de medição das emissões (PEMS, sigla em inglês).

É possível obter o preço de cada um desses equipamentos e adequações individualmente<sup>31</sup>, mas somente as entidades e empresas terão condições de avaliar o impacto que os novos requisitos ocasionariam nos custos de seus laboratórios, porque isso depende de particularidades, como aquelas associadas à infraestrutura e aos recursos humanos já existentes. Mas com base no custo relativo de um conjunto dos equipamentos, é possível estimar que esta nova adequação instrumental represente cerca de 20% a 25% do que as empresas tiveram que investir para se capacitarem para realizar os ensaios transientes.

Ressalve-se, porém, que outros custos associados à implantação do padrão EURO VI serão provavelmente mais significativos que o custo dessa adequação laboratorial. O maior rigor dos limites de emissão e do OBD requererão não somente a sofisticação dos sistemas embarcados, mas também implicarão em uma maior dificuldade para seu desenvolvimento. Será necessário um maior número de ensaios, inclusive ensaios de campo, e isso demandará mais tempo e recursos. Além disso, há o custo associado à extensão das garantias sobre os veículos. Dificilmente seria possível, exceto para a indústria automotiva, estimar esses acréscimos de custo. O que é possível inferir é o impacto que eles terão no custo final dos veículos, em função do que vem ocorrendo na União Europeia e nos Estados Unidos, o que será tratado a seguir.

### 5.3 Tecnologia veicular requerida

O atendimento dos limites EURO VI, em princípio, requererá a utilização do conjunto de tecnologias de controle atualmente já disponíveis<sup>32</sup>. A saber: as melhores tecnologias de sistemas de injeção e de câmaras de combustão de motores, recirculação de gases de exaustão (EGR, sigla em inglês), filtro de particulados diesel (DPF, sigla em inglês) e redução catalítica seletiva (SCR, sigla em inglês). Atualmente, para os fabricantes atenderem os requisitos do padrão EURO V, são utilizadas duas estratégias distintas. Dado o *trade off* entre as duas principais emissões dos motores ciclo Diesel, NO<sub>x</sub> e MP<sup>33</sup>, ou eles ajustam o motor para gerar mais NO<sub>x</sub> e utilizam o SCR, ou eles ajustam o motor para gerar mais MP e utilizam o DPF, em

---

<sup>31</sup> A adaptação de uma bancada transiente custa em torno de US\$ 200 mil a US\$ 400 mil (FOB), e um conjunto de PEMS (gases e material particulado) cerca de US\$ 300 mil a US\$ 500 mil (FOB), conforme informado pelo Dr. Silvio Figueiredo do Laboratório de Motores do IPT.

<sup>32</sup> Para uma melhor compreensão sobre os sistemas de pós-tratamento, vide o Anexo C.

<sup>33</sup> Por meio do ajuste do momento de injeção do combustível, a redução de uma implica no aumento da outra.

geral, em conjunto com o EGR. Ressalte-se, porém, que existe uma diversidade de soluções, de menor ou maior complexidade, enquadradas como SCR.

#### **5.4 Prazo mínimo para implantação**

A favor de um menor prazo para implantação do EURO VI, em relação ao intervalo de 3 anos entre a adoção da regra e a implementação efetiva da fase PROCONVE P-7, tem-se que essa nova fase não requererá mudanças adicionais na infraestrutura de produção e distribuição do óleo diesel<sup>34</sup>, apenas uma eventual adequação na taxa de crescimento dos volumes produzidos e distribuídos de ARLA 32, uma vez que para atender os requisitos do EURO VI, possivelmente, a totalidade dos veículos terão que utilizar SCR.

Por outro lado, as empresas terão que fazer algumas adequações laboratoriais e precisarão de mais tempo para desenvolver as soluções. Consequentemente, é provável que as entidades de classe do setor – como é praxe - pleiteiem prazos maiores para atender a eventual implantação do padrão EURO VI.

### **6 Potenciais impactos da implantação do padrão EURO VI**

O benefício direto almejado pela implantação do padrão EURO VI no Brasil é a redução das emissões tóxicas veiculares, que se refletirá na qualidade do ar e, consequentemente, nas despesas socioeconômicas associadas à saúde pública da população e na preservação do meio ambiente.

Nesse sentido, o ANEXO D desse documento traz um exercício feito pelo IEMA que simula os efeitos nas emissões de NOx e MP10, decorrentes de uma possível introdução da fase PROCONVE P8 – balizada por EURO VI. Esse exercício foi apresentado à Comissão de acompanhamento e Avaliação do PROCONVE – CAP, em sua 10ª Reunião ordinária ocorrida em Brasília no dia 15 de outubro de 2014, como uma contribuição ao início das discussões sobre os novos passos daquele Programa.

Outros benefícios indiretos, como aqueles decorrentes da inovação tecnológica e da competitividade da indústria automotiva aqui instalada, e uma potencial redução dos impactos decorrentes da mudança climática, e custos indiretos, como o impacto na participação dos veículos fabricados no Brasil nos mercados nacional e estrangeiros, são mais difíceis de serem quantificados e não foram, portanto, tratados nesse trabalho.

#### **6.1 Custo de implantação do padrão EURO VI**

Independente dos impactos nos custos intermediários, sob o ponto de vista do país interessa saber qual será o acréscimo de custo que a implantação do padrão EURO VI poderá ocasionar no sistema de transportes, o qual a sociedade como um todo terá que arcar. A experiência em outros países mostra que o padrão EURO VI acarreta, sobretudo, o aumento do preço dos veículos, e, provavelmente, do custo de sua manutenção.

---

<sup>34</sup> A especificação do óleo diesel requerido para o EURO VI é o mesmo do EURO V, o óleo diesel de baixo teor de enxofre (S10).

É comum encontrarem-se referências da União Europeia mencionando aumentos de preço dos veículos da ordem de € 12 mil<sup>35</sup>, cerca de R\$ 36 mil. Esses valores são significativamente superiores àqueles utilizados pelo “*International Council on Clean Transportation*” (ICCT).

Segundo o ICCT, em recente estudo destinado a avaliar o impacto da introdução do padrão EURO VI na China (ICCT 2014), o custo incremental para que o veículo passe da fase EURO V para EURO VI, variou, dependendo do porte do veículo, de US\$ 1.558 a US\$ 3.681. Como também é necessário levar em consideração as diferenças de mercado e de impostos existentes, uma abordagem mais conveniente seria adotar o critério empregado pela empresa LOMBARD<sup>36</sup> (COLE 2013), que estimou um acréscimo de custo dos veículos EURO VI de 10% a 12% acima dos equivalentes EURO V. Para se obter um número mais realista para o mercado nacional é necessário refinar o levantamento do que está ocorrendo no mercado europeu, levar em consideração a atual composição da frota, projeção de vendas e um estudo aprofundado do impacto dos impostos na cadeia de produção e venda.

Quanto ao impacto dos gastos com combustível no custo operacional, não parece que ele seria muito significativo. Primeiro porque, apesar de o preço do óleo diesel S10 ser da ordem de 5% a 6% superior<sup>37</sup> ao S500, os novos veículos devem utilizar o óleo diesel S10, sejam eles EURO V ou VI. Ainda assim é necessário levar em consideração um eventual aumento do consumo de ARLA 32, o que depende do consumo da frota EURO V que migraria de uma tecnologia diferente para o SCR.

Segundo porque a adoção do padrão EURO VI, na prática, não está alterando significativamente o consumo de combustível, expresso, por exemplo, em km/l<sup>38</sup>. Em função da maior complexidade dos sistemas de controle de emissões, as primeiras avaliações da União Europeia mencionavam um aumento do consumo de combustível de cerca de 3%. Porém pressionados pelos consumos médios que vinham sendo observados em veículos EURO V, pelo preço do combustível, pela competitividade, e pelos anunciados requisitos de redução da emissão de CO<sub>2</sub>, os fabricantes estão conseguindo manter aproximadamente os mesmos consumos dos veículos EURO V<sup>39</sup>. Além do que o consumo dos veículos é também significativamente influenciado por outros fatores como peso e aerodinâmica dos veículos, o comportamento dos motoristas e inclusive a logística empregada. Como vem sendo introduzidos aperfeiçoamentos em todos esses campos, fica mais difícil isolar o efeito dos sistemas de controle de emissões, sobretudo dos veículos em uso.

Esses aperfeiçoamentos tecnológicos, por outro lado, também podem reduzir o consumo dos veículos EURO V. A mesma publicação da LOMBART (COLE 2013) chega a mencionar ganhos da ordem de 9% a 11%. Para o cálculo do impacto no custo operacional do veículo, a “*Freight Transport Association*” utiliza um número mais modesto, 5,5%.

Em função da maior complexidade dos veículos, é também esperado um aumento do custo de manutenção dos veículos EURO VI e, conseqüentemente, de seu custo operacional. Mesmo

---

<sup>35</sup> Vide por exemplo o artigo “*Ten things fleet operators should know about Euro VI*” da *Road Haulage Association* (RHA) do Reino Unido, disponível em <<http://www.rha.uk.net/docs/Ten%20things%20fleet%20operators%20should%20know%20about%20Euro%20VI.pdf>>, acesso em 02/09/2014.

<sup>36</sup> Empresa financiadora do Reino Unido com atuação na área de transportes.

<sup>37</sup> Com base nos dados do Sistema de Levantamento de Preços da ANP, disponível em [www.anp.gov.br/preco/](http://www.anp.gov.br/preco/).

<sup>38</sup> Na verdade, o inverso de uma medida de consumo, motivo dos europeus utilizarem l/km.

<sup>39</sup> Vide <<http://www.truckscience.com/blog/full/how-oems-in-the-uk-are-allaying-concerns-about-euro-vi/55/>>, acesso em 02/09/2014.



adotando-se as provisões relativas ao acesso à informação necessária para a correta manutenção dos veículos, presumem-se, mesmo na União Europeia, maiores gastos para o treinamento de pessoal próprio; na troca de componentes, principalmente do filtro de particulados diesel (DPF); ou para a contratação dos serviços das concessionárias dos fabricantes dos veículos. Entretanto, dado serem tecnologias muito recentes, não existem informações muito consistentes quanto a real dimensão desse aumento.

## 7 Conclusões

De maneira geral, os novos regulamentos de controle de emissões veiculares tóxicas não somente vêm impondo limites de emissões cada vez mais rigorosos, como também vêm se adequando a evolução do conhecimento sobre o efeito dos poluentes na saúde e sobre o controle das emissões veiculares. Eles são também influenciados pelas novas tecnologias (ex. veículos híbridos) e por demandas regionais.

Outro ponto de atenção e que merece espaço de discussão, é que esses regulamentos voltados ao controle de poluentes locais também tendem a se mesclar com os regulamentos sobre emissões de GEE veiculares, dado que ambos compartilham dos mesmos “players” e procedimentos, e há uma significativa superposição entre as tecnologias empregadas para solucionar essas questões. Assim, no plano nacional é desejável que sejam harmonizadas políticas que tratem os temas conjuntamente.

O Fórum Mundial para a Harmonização dos Regulamentos Veiculares (WP.29) da UNECE, do qual participam, entre outros, os EUA, a União Europeia e o Japão, vem lentamente, mas efetivamente, patrocinando a adoção de uma padronização internacional relativa à regulamentação das emissões veiculares. E a regulamentação EURO VI é primeira, entre as principais, a adotar o “*World-wide Heavy-Duty Certification*” (WHDC) desenvolvido por esse grupo de trabalho.

Foram encontradas menções sobre participações esporádicas do Brasil nesse fórum, mas dada a dimensão e a importância do transporte rodoviário para o país, conviria que o governo indicasse representantes habilitados para participar desse grupo ou, no mínimo, para monitorar sistematicamente sua atividade.

A favor da harmonização dos regulamentos tem-se que ela simplificaria o trabalho de desenvolvimento das tecnologias de controle de emissões. Contra ela tem-se o aumento da concorrência entre os países. Ressalte-se, entretanto, que a existência de um regulamento internacionalmente válido não impedirá que os países adotem provisões específicas para atender suas particularidades como, por exemplo, o perfil e a condição de uso da frota, o uso de um combustível alternativo (ex. biocombustíveis), a necessidade do controle de um poluente singular na região (ex. aldeídos), ou ainda o interesse em promover uma determinada tecnologia veicular (ex. veículos “flex”).

No que trata das principais mudanças promovidas pela regulamentação EURO VI, pode-se destacar:

- Adoção de limites de emissões que se equivalem aos mais rigorosos limites atualmente existentes (US EPA 2010 e legislação japonesa correspondente).
- Introdução de limites para o número de partículas (NP) e NO<sub>2</sub>, visando considerar a maior agressividade à saúde do material particulado fino e deste óxido de nitrogênio, e do

requisito de se relatar o consumo de combustível e a emissão de CO<sub>2</sub>, visando à elaboração do regulamento de controle da emissão de GEE.

- Adoção do B7 como combustível padrão e inserção de provisões para novos combustíveis, entre os quais o B100, o ED95 (etanol aditivado para consumo em motores ciclo Diesel), E10, E85, GLP, gás natural e biogás, realização bastante adequada para um país como o Brasil que vem promovendo o desenvolvimento de combustíveis alternativos.
- Aperfeiçoamento das metodologias de avaliação das emissões veiculares, por meio da adoção de um novo procedimento de ensaio para a homologação dos motores, o WHDC, composto pelos ciclos WHSC e WHTC, do WP.29 da UNECE; e de um procedimento de conformidade prescrevendo a avaliação das emissões dos motores ou veículos em circulação, via sistemas portáteis de medição das emissões (PEMS).
- Aprimoramento dos requisitos do sistema de diagnose embarcado (OBD) e de acesso à informação necessária para a manutenção, visando assegurar o correto uso e manutenção dos veículos em circulação.
- Extensão dos intervalos de garantia, sobretudo, das quilometragens, objetivando aumentar a durabilidade dos sistemas de controle de emissões.

Independentemente da adoção das demais provisões, em face da constatação de que na União Europeia a emissão de NO<sub>x</sub> dos veículos EURO IV e V em uso é similar, ou superior, à dos veículos de fases anteriores, é premente que se avalie se isso estaria também ocorrendo no Brasil, ou que adote o mais rapidamente possível os novos procedimentos de avaliação das emissões veiculares e requisitos do OBD prescritos pela regulamentação EURO VI. Isso vem ao encontro de assegurar que todo esforço e investimento que o país está fazendo com base nesse padrão, estejam conduzindo aos objetivos pretendidos.

Quanto a outros condicionantes à implantação do padrão EURO VI no Brasil, foram avaliados:

### **Combustíveis e ARLA 32**

Ao contrário do que ocorreu anteriormente, o padrão EURO VI não requer alterações na especificação do óleo diesel de baixo teor de enxofre ou de novas medidas associadas ao ARLA 32, exceto garantir seus suprimentos compatíveis com a expectativa de seus potenciais aumentos de seu consumo, tanto no que refere aos novos volumes de produção, como em sua distribuição (logística). Por outro lado, é necessário investigar o que está acontecendo com o ARLA 32, cujo consumo tem sido inferior àquele que seria esperado para o número de veículos com SCR hoje existentes.

### **Adequação instrumental**

As adaptações necessárias para adequar os laboratórios de forma a habilitá-los aos requisitos do padrão EURO VI são, em princípio, significativamente mais simples para quem já está capacitado para executar ensaios transientes. São necessários: a substituição do ciclo de ensaio, de ETC para WHTC; a aquisição de um sistema contador de partículas e seu acoplamento ao túnel de diluição existente, e, quando implantado esse item da regulamentação EURO VI, adicionar à bancada de analisadores um analisador específico para o NO<sub>2</sub>.

Se a legislação brasileira também estabelecer o procedimento de conformidade em circulação, isso também exigirá que fabricantes e certificadores disponham de sistemas portáteis de medição das emissões (PEMS, sigla em inglês). Com base no custo relativo do conjunto desses



equipamentos, é possível estimar que este encargo represente cerca de 20% a 25% do que as empresas tiveram que investir para se capacitarem para realizar os ensaios transientes (ETC).

### **Tecnologia veicular requerida**

Além das melhores tecnologias de sistemas de injeção e de câmaras de combustão de motores, hoje as empresas podem optar por duas estratégias de pós-tratamento distintas que são: o uso de filtro de particulados diesel (DPF) e recirculação de gases de exaustão (EGR); ou o uso de redução catalítica seletiva (SCR). Mas para o atendimento dos limites EURO VI, em princípio, requererá a utilização do conjunto de tecnologias de controle atualmente disponíveis simultaneamente.

Quanto aos impactos que a implantação do padrão EURO VI no Brasil ocasionaria, foram avaliados:

### **Redução das emissões**

Ainda que se trate de um exercício para uma primeira aproximação do que seriam os impactos em termos de emissões de MP10 e NOx de uma Fase P8, equivalente ou próxima de Euro VI, pode-se ver nos cenários mostrados no ANEXO D que haveria ganhos na redução de NOx, tanto quando se considera as emissões totais (cerca de 50% em 2030), quanto nas emissões urbanas (em torno de 35% no mesmo ano). A mesma simulação aplicada ao MP10 mostra que ainda haveria espaço para uma diminuição de 15% nas emissões totais, e cerca de 10% nas emissões urbanas de MP10 em 2030. Vale lembrar que tais exercícios foram elaborados com base na metodologia e nos parâmetros aplicados no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 Ano-base 2012, e que podem ser aperfeiçoados.

### **Custo de implantação do padrão EURO VI**

A implantação do padrão EURO VI impactará principalmente no custo dos veículos e em sua manutenção. No que se refere ao aumento de preço dos veículos, a bibliografia internacional apresenta valores diversos. Em princípio, pode-se estimar que o aumento de preço dos veículos EURO VI seria de 10% a 12% superior a seus equivalentes EURO V. Mas conviria que fosse realizada uma avaliação mais detalhada com base em dados do que está ocorrendo na União Europeia e nas características do mercado brasileiro. Quanto ao aumento de custo da manutenção, dado que o emprego dessa nova tecnologia ainda é muito recente, ainda não existem dados muitos consistentes a esse respeito.

Quanto ao impacto dos gastos com combustível no custo operacional, não parece que ele será muito significativo. O combustível a ser utilizado é o mesmo óleo diesel S10 requerido pelos veículos PROCONVE P-7. E o suposto aumento de consumo inicialmente previsto para os veículos EURO VI, parece que na prática não está acontecendo. O consumo dos veículos é também significativamente influenciado por outros fatores como peso e aerodinâmica dos veículos, a comportamento dos motoristas e inclusive a logística empregada. Como vem sendo introduzidos aperfeiçoamentos em todos esses campos, fica mais difícil isolar o efeito dos sistemas de controle de emissões, sobretudo dos veículos em uso.

## 8 Considerações Finais

O presente documento tentou fornecer uma descrição das principais características, e uma primeira análise técnica e de custos associáveis à eventual implantação de uma nova fase do PROCONVE, baseada no padrão EURO VI estabelecido pela União Europeia, para veículos pesados.

Com a finalidade de refinar essa análise, além das simulações contidas no ANEXO D, é necessário aprofundar os estudos que estimem o impacto nas emissões de GEE e poluentes locais pela frota de veículos afetada pela implantação de uma nova resolução, em comparação com um cenário business as usual. Ainda nessa avaliação, deve-se atentar para a utilização de fatores de emissão que reflitam a utilização dos veículos em operação no ambiente urbano, áreas mais críticas quanto aos impactos deletérios de emissões tóxicas veiculares.

Recomenda-se também aprofundar as informações quanto ao incremento dos custos diretos ao consumidor dos veículos no cenário nacional, tanto no momento de sua aquisição quanto de sua operação e manutenção, impactos no custo do frete e nas tarifas do transporte coletivo, de forma a disponibilizar dados para uma análise de custo benefício da implantação da nova fase.

O IEMA reconhece esse estudo como um esforço ao qual se deve dar prosseguimento e, assim, antecipar a oferta de dados informações voltadas às discussões internas à Comissão de Acompanhamento e Avaliação do PROCONVE – CAP e à tomada de decisões. Tais discussões quanto ao estabelecimento de novas normas para as emissões, deverão levar em conta as repercussões para a competitividade dos mercados e dos fabricantes, os custos diretos e indiretos impostos às empresas e os benefícios decorrentes em termos de incentivo à inovação, de melhoria da qualidade do ar, de redução das despesas com a saúde e de maior expectativa de vida de populações expostas a poluentes atmosféricos.

## REFERÊNCIAS

ANFAVEA. **PROCONVE As fases presentes e futuras**. In: Seminário sobre Emissões de Veículos Diesel 2009. São Paulo. Associação Brasileira de Engenharia Automotiva AEA. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/documentos/SeminarioItem1.pdf>>. Acesso em: 27/07/2014.

COLE, L. **Euro VI: The heat is on**. Lombard Commercial Transportation's White Paper LBF0029 09/13. Disponível em: <<http://www.lombard.co.uk/pdf/brochures/euro-vi-whitepaper.pdf>>. Acesso em: 27/07/2014.

FARAH, E.L. **Licões e decorrências do PROCONVE P-7**. In: Seminário sobre Emissões AEA 2014. São Paulo. Associação Brasileira de Engenharia Automotiva AEA. Abril de 2014

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **Avaliação dos efeitos da implantação de faixas exclusivas em SP: tempo de viagem, consumo de combustível e emissões de poluentes - 1ª etapa**. São Paulo. Agosto de 2014. Disponível em: <[http://www.energiaeambiente.org.br/arquivos/files/EstudoFaixasExclusivas\\_IEMA.pdf](http://www.energiaeambiente.org.br/arquivos/files/EstudoFaixasExclusivas_IEMA.pdf)>. Acesso em: 30/08/2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Ensaio comparativos de ônibus urbanos**. São Paulo. IPT Relatório Técnico nº 91.377-205. Junho de 2007.

INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION. **Urban off-cycle NOx emissions from Euro IV/V trucks and buses: Problems and solutions for Europe and developing countries**. Washington. ICCT White Paper Number 18. Março 2012. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_WP18\\_urban\\_Nox\\_emissions.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_WP18_urban_Nox_emissions.pdf)>. Acesso em: 27/07/2014.

\_\_\_\_\_. **Costs and Benefits of China 5/V and 6/VI Standards in Guangdong Province**. Washington. ICCT Working Paper Number 2014-6. Junho de 2014. Disponível em: <<http://www.theicct.org/costs-and-benefits-china-5v-and-6vi-standards-guangdong-province>>. Acesso em: 02/09/2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide**. Bonn, Germany. WHO Working Group. 2003. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/112199/E79097.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf)>. Acesso em: 14/08/2014.

## ANEXO A: REGULAÇÃO BRASILEIRA APLICÁVEL AO CONTROLE DAS EMISSÕES VEICULARES

É apresentada a seguir listagem, em ordem cronológica crescente, da legislação ambiental brasileira veicular, disponível até 19/07/2014 (BRASIL 2011, 2012).

**Tabela A.1 - Legislação ambiental brasileira veicular**

| Data da publicação | Legislação                           | Matéria  |
|--------------------|--------------------------------------|--|
| <b>PROCONVE</b>    |                                      |  |
| 17/06/1986         | Resolução CONAMA nº 18/86            | Dispõe sobre a criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - <b>PROCONVE</b>  |
| 16/11/1988         | Resolução CONAMA nº 04/88 (revogada) | Dispõe sobre prazos para <b>controle de emissão de gases do cárter</b> de veículos do ciclo <b>diesel</b>  |
| 25/08/1989         | Resolução CONAMA nº 03/89            | Dispõe sobre níveis de emissão de <b>aldeídos</b> no gás e escapamento de veículos automotores   |
| 25/08/1989         | Resolução CONAMA nº 04/89            | Dispõe sobre níveis de emissão de <b>hidrocarbonetos</b> por veículos  |
| 18/12/1989         | Resolução CONAMA nº 10/89 (revogada) | Dispõe sobre mecanismos de <b>controle de emissão de gases de escapamento</b> por veículos com motor ciclo Otto e Diesel   |
| 29/10/1993         | Lei nº 8.723/93                      | Dispõe sobre a <b>redução de emissão de poluentes</b> por veículos automotores e dá outras providências  |
| 31/12/1993         | Resolução CONAMA nº 08/93            | Complementa a Resolução nº 18/86, que institui em caráter nacional o <b>PROCONVE</b> , estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a <b>veículos pesados</b> novos, nacionais e importados  |
| 29/09/1994         | Resolução CONAMA nº 16/94 (revogada) | Fixa novos prazos para o cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA nº 08/93, que complementa a Resolução nº 18/86, que institui o PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados  |
| 04/10/1994         | Resolução CONAMA nº 09/94            | Estabelece <b>prazo para os fabricantes</b> de veículos automotores leves e equipados com motor a álcool declararem ao IBAMA e aos órgãos ambientais técnicos designados os <b>valores típicos de emissão</b> de hidrocarbonetos, diferenciando os aldeídos e os álcoois, em todas as suas configurações de produção   |
| 30/12/1994         | Resolução CONAMA nº 27/94            | Fixa <b>novos prazos para</b> cumprimento de dispositivos da Resolução <b>CONAMA nº 08/93</b> , que complementa a Resolução nº 18/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados |
| 29/12/1995         | Resolução CONAMA nº 14/95            | Estabelece prazo para os fabricantes de <b>veículos</b> automotores <b>leves</b> de passageiros equipados com motor de ciclo Otto apresentarem ao IBAMA um programa trienal para a execução de <b>ensaios de durabilidade</b> por agrupamento de motores   |
| 29/12/1995         | Resolução CONAMA nº 15/95            | Dispõe sobre a <b>nova classificação dos veículos automotores</b> para o controle da emissão veicular de gases, material particulado e evaporativo, e dá outras providências   |
| 29/12/1995         | Resolução CONAMA nº 16/95            | Dispõe sobre os limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a <b>veículos pesados</b> novos, nacionais e importados, e determina a homologação e certificação de veículos novos do ciclo Diesel quanto ao <b>índice de fumaça</b> em aceleração livre   |
| 21/10/1996         | Portaria IBAMA nº 86/96              | Regulamenta os <b>procedimentos para importação de veículo automotores</b> e motocicletas quanto aos requisitos do PROCONVE  |
| 21/10/1996         | Portaria IBAMA nº 167/97             | Regulamenta os <b>procedimentos para importação de veículo automotores</b> e motocicletas quanto aos requisitos do PROCONVE  |

|            |                                      |   |
|------------|--------------------------------------|---|
| 07/11/1996 | Resolução CONAMA nº 20/96 (revogada) | Define os <b>itens de ação indesejável</b> , referente à emissão de ruído e poluentes atmosféricos  |
| 29/08/1997 | Resolução CONAMA nº 226/97           | Estabelece <b>limites</b> máximos de emissão de <b>fuligem</b> de veículos automotores, as <b>especificações para óleo diesel</b> comercial e o cronograma de implantação do <i>programa</i> de melhoria do óleo diesel                   |
| 26/08/1997 | Resolução CONAMA nº 230/97           | <b>Proíbe o uso de equipamentos</b> que possam reduzir a eficácia do controle de emissão de poluentes e ruído   |
| 05/08/1998 | Resolução Conama nº 241/98           | Dispõe sobre os <b>prazos</b> para o cumprimento das exigências relativas ao PROCONVE para os <b>veículos importados</b>  |
| 05/08/1998 | Resolução CONAMA nº 242/98           | Dispõe sobre <b>limites de emissão de material particulado</b> para veículo leve comercial e limite máximo de ruído emitido por veículos com características especiais para uso fora de estradas, <b>em harmonia com o MERCOSUL</b>       |
| 25/04/2002 | Resolução CONAMA nº 291/01           | Regulamenta os conjuntos para conversão de <b>veículos</b> para o uso de <b>gás natural</b> e dá outras providências  |
| 20/05/2002 | Resolução CONAMA nº 299/01           | Estabelece procedimentos para elaboração de <b>Relatório de Valores da Produção (RVEP)</b> para o controle das emissões dos veículos novos produzidos e/ou importados   |
| 24/07/2002 | Instr. Norm. IBAMA nº 13/02          | Institui o Termo de Referência para <b>Habilitação de Agente Técnico</b> para execução de comprovação de conformidade junto ao PROCONVE   |
| 23/08/2002 | Instr. Norm. IBAMA nº 15/02          | Dispõe sobre a obtenção da <b>Certificação de Conformidade</b> de Conjunto de Componentes do <b>Sistema de Gás Natural</b> , nacionais ou importados, junto ao Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE |
| 13/11/2002 | Instr. Norm. IBAMA nº 25/02          | Institui o <b>Selo de Homologação</b> do PROCONVE/PROMOT, para atendimento, pelos fabricantes e importadores de veículos automotores  |
| 20/11/2002 | Resolução CONAMA nº 315/02           | Dispõe sobre as <b>novas etapas</b> do Programa de Controle de Emissões Veiculares - <b>PROCONVE</b>  |
| 22/11/2004 | Instr. Norm. IBAMA nº 28/02          | Estabelece <b>procedimentos</b> para realização de ensaios de emissão para fins de homologação de <b>veículos movidos a mistura gasolina/álcool</b>   |
| 22/11/2004 | Instr. Norm. IBAMA nº 53/04          | Complementa a regulamentação de utilização dos selos de homologação do PROCONVE/PROMOT  |
| 22/11/2004 | Instr. Norm. IBAMA nº 54/04          | Regulamenta a <b>medição do NMHC</b>  |
| 24/11/2004 | Instr. Norm. IBAMA nº 55/04          | Regulamenta a <b>aplicação do ciclos ESC e ELR</b> para homologação de motores do ciclo Diesel  |
| 14/12/2004 | Resolução CONAMA nº 354/04           | Dispõe sobre os requisitos para adoção de sistemas de diagnose de bordo - <b>OBD</b> nos <b>veículos</b> automotores <b>leves</b> objetivando preservar a funcionalidade dos sistemas de controle de emissão                              |
| 10/05/2006 | Resolução CONAMA nº 373/06           | Define critérios de <b>seleção de áreas para recebimento do óleo diesel com o menor teor de enxofre</b> - DMTE, e dá outras providências  |
| 25/10/2006 | Instr. Norm. IBAMA nº 126/06         | Estabelece critérios para verificação do funcionamento dos dispositivos/sistemas para diagnóstico a bordo <b>OBDBr-1</b> , de forma direta ou indireta  |
| 25/10/2006 | Instr. Norm. IBAMA nº 127/06         | Regulamenta a <b>publicação na Internet</b> dos valores declarados de ruído na condição parado e do índice de fumaça em aceleração livre  |
| 25/10/2006 | Portaria IBAMA nº 80/2006            | Regulamenta a <b>obtenção de LCVM para pequenas quantidades de veículos</b>   |
| 12/11/2008 | Resolução CONAMA nº 403/08           | Dispõe sobre a nova fase de exigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – <b>PROCONVE</b> para <b>veículos pesados</b> novos ( <b>Fase P-7</b> ) e dá outras providências                                |
| 28/04/2009 | Portaria IBAMA nº 08/2009            | Autoriza à <b>comercialização do estoque de passagem</b> de veículos leves, motocicletas e similares de cada empresa solicitante  |



|                                  |                             |   |
|----------------------------------|-----------------------------|---|
|                                  |                             | detentora de LVCM e LCM válidas para as fases PROCONVE L4 e PROMOT II   |
| 31/08/2009                       | Instr. Norm. IBAMA nº 24/09 | Estabelece especificações e critérios de verificação e certificação dos sistemas <b>OBDBr-2</b> , em complemento aos artigos 1º e 5º da Resolução Conama nº 354/04 e da Instrução Normativa Ibama nº 126/06 (OBDBr-1)     |
| 25/09/2009                       | Resolução CONAMA nº 414/09  | Altera a Resolução Conama nº 18, de 6/5/1986, e reestrutura a <b>Comissão de Acompanhamento e Avaliação (CAP)</b> do PROCONVE, em seus objetivos, competência, composição e funcionamento                                 |
| 25/09/2009                       | Resolução CONAMA nº 415/09  | Dispõe sobre nova fase ( <b>PROCONVE L6</b> ) de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores- PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário e dá outras providências |
| 13/05/2010                       | Instr. Norm. IBAMA nº 04/10 | Estabelece requisitos técnicos e de homologação para sistemas de auto diagnose de bordo ( <b>OBD</b> ) a serem instalados em todos os veículos pesados novos a <b>Diesel</b> homologados na fase P-7 do PROCONVE          |
| <b>COMBUSTÍVEIS E CORRELATOS</b> |                             |   |
| 24/01/1990                       | Resolução CONAMA nº 15/89   | Dispõe sobre <b>apresentação de EIAS</b> , pela PETROBRÁS, sobre o uso de <b>etanol</b> como combustível  |
| 31/12/1993                       | Resolução CONAMA nº 16/93   | Dispõe sobre a obrigatoriedade de <b>licenciamento ambiental</b> para as especificações, fabricação, comercialização, e distribuição de <b>novos combustíveis</b> , e da outras providências                              |
| 18/03/2003                       | Resolução CONAMA nº 321/03  | Dispõe sobre alteração da Resolução CONAMA nº 226, de 20/08/1997, que trará sobre <b>especificações do óleo diesel</b> comercial, bem como das regiões de distribuição.   |
| 02/12/2008                       | Portaria IBAMA nº 29/08     | Submete à consulta pública, pelo prazo de 90 dias a contar da data de publicação desta Portaria, a especificação do agente redutor líquido de NOx automotivo – ARLA   |
| 12/08/2009                       | Instr. Norm. IBAMA nº 23/09 | Dispõe sobre a especificação do Agente Redutor Líquido de NOx Automotivo para aplicação nos veículos com motorização do ciclo Diesel  |

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores – PROCONVE/PROMOT/IBAMA**, 3 ed. Brasília: IBAMA/DIQUA, 2011. 584p. (Coleção Meio Ambiente. Série Diretrizes – Gestão Ambiental, nº 3) ISBN 978-85-7300-358-1. ISSN 1415-1901. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/4?download=4792%3Amanual-portugues>>. Acesso em: 2014-07-28

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília: MMA, 2012. 1126 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>>. Acesso em: 2014-07-15



## ANEXO B:

### A RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS E AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E DE POLUENTES TÓXICOS VEICULARES (FIGUEIREDO, 2013)

Para estabelecer, com base no conhecimento atual, o vínculo entre consumo de combustíveis e emissão de gases de efeito estufa (GEE) e de gases tóxicos veiculares, convém iniciar revendo os GEE antropogênicos selecionados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), como metas de redução do Protocolo de Quioto e das discussões dele derivadas ora em curso. São eles: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); metano ( $\text{CH}_4$ ); óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ); hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ); hidrofluorcarbonetos (HFC) e perfluorcarbonetos (PFC). Existem outros. Alguns contemplados por outros acordos e regulamentos, como o tetrafluormetano<sup>40</sup> ( $\text{CF}_4$ ) e os clorofluorcarbonetos (CFC), cobertos pelo Protocolo de Montreal, e alguns ainda não regulamentados como GEE, como o trifluoreto de nitrogênio ( $\text{NF}_3$ ), empregado pela indústria eletrônica.

Em volume, certamente a emissão veicular de GEE mais significativa é a de  $\text{CO}_2$ , diretamente proporcional ao consumo de combustíveis fósseis e, por este motivo, tomado como referência para os demais GEE. O fator de emissão da gasolina e do óleo diesel, derivado de suas relações estequiométricas, é aproximadamente 3,2, ou seja, para cada kg queimado desses combustíveis gera-se cerca de 3,2 kg de  $\text{CO}_2$ . O IPCC também recomenda que sejam consideradas as emissões veiculares  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ . Isso porque, apesar dos relativamente baixos volumes emitidos, conforme consta no “*2007 IPCC AR4 WG1 Report*” (2007), o  $\text{CH}_4$  e o  $\text{N}_2\text{O}$  apresentam potenciais de aquecimento global (GWP, sigla em inglês)<sup>41</sup>, para um intervalo de tempo de 100 anos, respectivamente, de 25 e 298.

A emissão veicular de  $\text{CH}_4$  advém da combustão incompleta de hidrocarbonetos superiores ou ainda por ser o principal composto do gás natural, combustível fóssil de importância e consumo crescentes. Essa emissão é muitas vezes controlada pelas legislações de poluentes tóxicos, como o PROCONVE, justamente para subtraí-la dos hidrocarbonetos totais, em função desse gás em baixas concentrações não ser tóxico. Na prática, a medição em veículos nos países desenvolvidos resultou nos números expressos na Tabela A.1 a seguir. Entretanto, dado existirem conversões irregulares e inadequadas no Brasil, é possível que o fator de emissão aqui seja superior ao valor do guia do IPCC.

As principais fontes antropogênicas de  $\text{CH}_4$ , além das emissões fugitivas na produção e transporte do petróleo e do gás natural, são: minas de carvão; depósitos de lixo; redes de coleta e tratamento de esgotos; agricultura e produção animal. A favor do  $\text{CH}_4$  tem-se que muitas das medidas utilizadas para controlar sua emissão são custo-efetivas, seja por seu valor econômico como combustível ou pela existência do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Segundo os critérios estabelecidos pelo IPCC, a emissão fugitiva que ocorre durante o processo de produção e distribuição do gás natural ou biogás é considerado separadamente da emissão de GEE devida ao uso desses combustíveis no transporte.

O  $\text{N}_2\text{O}$  é um dos óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) formados a partir da reação do oxigênio com o nitrogênio presentes na atmosfera, quando submetidos à alta temperatura durante o processo de combustão nos motores. No que tange a seu efeito na saúde, o  $\text{N}_2\text{O}$  na forma gasosa e em baixas concentrações é utilizado inclusive para fins medicinais como analgésico ou anestésico,

<sup>40</sup> Conhecido comercialmente por Freon-14.

<sup>41</sup> GWP é uma medida da contribuição do referido gás para o efeito estufa em relação ao  $\text{CO}_2$ , em um determinado intervalo de tempo (o GWP do  $\text{CO}_2$  é igual a 1).

ou ainda como gás hilariante<sup>42</sup>. Como o NO<sub>x</sub> é predominantemente composto por óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), antes das regulamentações da emissão de GEE veicular, a emissão de N<sub>2</sub>O não era usualmente medida. Como no caso do CH<sub>4</sub>, a medição de N<sub>2</sub>O em veículos, nos países desenvolvidos, resultou nos números expressos na Tabela A.1.

A emissão antropogênica de N<sub>2</sub>O é principalmente associada à agroindústria, devido ao uso de fertilizantes nitrogenados e à biodegradação de dejetos da produção animal, e também à produção de nylon, material que é utilizado pela indústria automobilística. Mais uma vez, segundo os critérios estabelecidos pelo IPCC, a emissão de N<sub>2</sub>O devida ao uso do nylon e de fertilizantes nitrogenados para a produção dos biocombustíveis é considerada, separadamente da emissão de GEE devida ao uso de energia em transporte.

Para ter-se uma noção da contribuição das emissões veiculares desses dois gases para o efeito estufa, a partir dos fatores de emissão (FE) anteriormente mencionados, obtidos no “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” (2006), e os correspondentes GWPs, gerou-se a Tabela A.1.

Com base nesses dados é possível concluir que, para os veículos atuais, as contribuições relativas do CH<sub>4</sub> e do N<sub>2</sub>O na emissão de GEE veiculares são de, respectivamente, 0,1% e 2,4%, que somadas totalizam cerca de 2,5%. Porém, no caso de veículos movidos a gás natural, a contribuição relativa do CH<sub>4</sub> pode chegar a 3,9% do total, e em veículos movidos à gasolina dotados de catalisador de oxidação, a contribuição do N<sub>2</sub>O pode chegar a 3,3% do total.

**Tabela A.1 - Contribuições das emissões veiculares de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O ao efeito estufa.**

| Combustível | Tecnologia de controle de emissões | CO <sub>2</sub>           | CH <sub>4</sub>           |                                |                 | N <sub>2</sub> O          |                                |                 | CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub> O |
|-------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
|             |                                    | FE <sub>CO2</sub> (kg/TJ) | FE <sub>CH4</sub> (kg/TJ) | x GWP (kgCO <sub>2e</sub> /TJ) | Contrib. relat. | FE <sub>N2O</sub> (kg/TJ) | x GWP (kgCO <sub>2e</sub> /TJ) | Contrib. relat. | Contrib. relat.                   |
| Gasolina    | sem controle                       | 69.300                    | 33                        | 825                            | 1,2%            | 3,2                       | 954                            | 1,3%            | 2,5%                              |
|             | catalisador oxidação               | 69.300                    | 25                        | 625                            | 0,9%            | 8,0                       | 2384                           | <b>3,3%</b>     | 4,2%                              |
|             | leves >1995 baixa km               | 69.300                    | 3,8                       | 95                             | <b>0,1%</b>     | 5,7                       | 1699                           | <b>2,4%</b>     | <b>2,5%</b>                       |
| Diesel      | ---                                | 74.100                    | 4,0                       | 98                             | 0,1%            | 3,9                       | 1162                           | 1,5%            | 1,7%                              |
| Gás natural | ---                                | 56.100                    | 92                        | 2.300                          | <b>3,9%</b>     | 3,0                       | 894                            | 1,5%            | 5,4%                              |
| GLP         | ---                                | 63.100                    | 62                        | 1.550                          | 2,4%            | 0,2                       | 60                             | 0,1%            | 2,5%                              |

Fonte: Cálculos realizados pelo autor a partir de dados do “2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories”

Além do CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, algumas emissões regulamentadas por sua toxicidade são também identificadas por seu impacto no clima. Esse é o caso do monóxido de carbono (CO) e do NO<sub>x</sub>, classificados como GEE indiretos, por ocasionarem a formação secundária de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O na atmosfera, ou seja, serem precursores dos GEE. Além disso, CO, CH<sub>4</sub>, compostos orgânicos voláteis não metano (COVNM) e NO<sub>x</sub> são precursores do ozônio (O<sub>3</sub>) troposférico. O ozônio, além de ser um dos principais componentes do “smog” fotoquímico, um dos principais poluentes dos grandes centros urbanos, é considerado, em função das concentrações observadas, o

<sup>42</sup> Para maiores informações vide <<http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0067.htm>>.

terceiro mais importante contribuinte antropogênico ao efeito estufa no hemisfério norte, atrás do CO<sub>2</sub> e do CH<sub>4</sub> (UNEP/WMO, 2011).

Já a influência do material particulado (MP), uma das mais significativas emissões veiculares, sobretudo de veículos diesel, no efeito estufa é uma questão muito mais complexa. Apesar de ser identificado como um dos poluentes veiculares mais nocivos à saúde, sua contribuição à mudança climática é ainda controversa e precisa ser mais bem avaliada e entendida.

Alguns trabalhos recentes sugerem que um dos componentes do MP, o carbono negro (BC, sigla em inglês) troposférico é o segundo mais significativo poluente antropogênico causador de mudanças climáticas (UNIVERSITY OF CALIFORNIA SAN DIEGO, 2008; RAMANA, 2010). Isso se deve a dois diferentes fenômenos.

O primeiro decorre da deposição do BC sobre as superfícies, o que em geral ocasiona a redução do Albedo nessas áreas, sobretudo, quando essa deposição ocorre sobre a neve e o gelo. Já sua deposição sobre o solo, se por um lado pode impactar negativamente sobre o Albedo, por outro contribui positivamente para a fertilidade do mesmo (GLASER, 2001).

A avaliação da segunda contribuição do BC à mudança climática é igualmente complexa. Segundo Bond (2009), o BC contido no MP é um potente transformador de luz em calor. Com base em estudos e dados de terceiros, inclusive do IPCC, o Conselho Internacional de Transporte Limpo (ICCT, sigla em inglês) (2009) concluiu, segundo eles conservadoramente, que o GWP para 100 anos do BC é 460, valor significativamente superior aos GWPs do CH<sub>4</sub> e do N<sub>2</sub>O. No entanto, é necessário também considerar:

- Transporte é somente uma das possíveis fontes. BC pode advir, além de motores de combustão, também de instalações industriais e da queima da biomassa, inclusive queimadas, fornos e fogões à lenha, práticas ainda largamente empregadas no Brasil.
- De acordo com Johnson, o MP emitido pelos motores é constituído predominantemente por material carbonáceo misturado à água e hidrocarbonetos líquidos<sup>43</sup>, provenientes do combustível e do óleo lubrificante (JONHSON, 2005). Porém, disperso na atmosfera, em poucas horas ele se transforma em uma partícula muito mais complexa composta por, além dos elementos já mencionados, sulfatos, principalmente de amônio, nitratos, ácidos orgânicos e outros compostos inorgânicos (Cu, Si, K entre eles). Entretanto, exceto o BC, todos os demais componentes do MP refletem a luz e, conseqüentemente, têm GWPs negativos (BOND, 2009)<sup>44</sup>. Além disso, o MP tem uma vida relativamente curta na atmosfera. Logo, esse balanço depende não somente da qualidade do combustível e da tecnologia veicular empregada<sup>45</sup>, como também da parcela de contribuição de outras fontes e das condições geográficas e atmosféricas que afetam a transformação e a dispersão do MP na atmosfera.

---

<sup>43</sup> A quantidade de sulfetos presentes no MP recém-emitido depende do teor de enxofre do óleo diesel, condição que varia significativamente em função do combustível utilizado no local.

<sup>44</sup> Esse é o caso, por exemplo, do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), produto da oxidação do enxofre contido nos combustíveis. Apesar disso, é importante retirar o enxofre dos combustíveis para mitigar os efeitos deletérios do SO<sub>2</sub> na atmosfera e para viabilizar os sistemas de pós-tratamento utilizados para o controle de outros poluentes.

<sup>45</sup> À medida que a tecnologia veicular evolui, não somente a emissão de MP vem sendo significativamente reduzida, assim como a participação relativa do BC no MP é cada vez menor.

Ou seja, para estabelecer-se o impacto do MP veicular sobre o clima é necessário levar em conta aspectos como a constituição e distribuição da frota automotiva, o tipo de cobertura do terreno existente (ex. gelo, cobertura vegetal, etc.); a localização e o porte das fontes não veiculares; o regime de chuvas e a direção predominante dos ventos em cada região; a relação BC/HC; etc. Logo, trata-se de mecanismo bastante complexo, que este trabalho não se propõe a aferir. Avaliações dessa natureza começam a ser realizadas (SHINDELL, 2011; UNEP/WMO 2011), porém não foi identificada nenhuma feita especificamente para o Brasil.

Caso a influência do BC no efeito estufa venha a ser considerada, ela implicará em consequências práticas significativas. Por exemplo, segundo Walsh (2009), a menor emissão de GEE do motor ciclo Diesel, solução adotada pela Comunidade Europeia, só se sustenta se este dispuser de sistema de pós-tratamento que reduza significativamente a emissão de MP. Caso contrário, a emissão de BC praticamente neutraliza a vantagem que o motor ciclo Diesel apresenta em função de seu menor consumo.

Pode-se concluir que o controle das emissões veiculares tóxicas, imposto pelas legislações correlacionadas, proporciona ganhos tanto no que tange à saúde pública, à produção agrícola e à preservação do meio ambiente como também contribui positivamente para questão climática ao mitigar a emissão de MP, de precursores do ozônio, e de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Como muitos desses compostos apresentam vida relativamente curta na atmosfera, esse controle é uma medida importante para refrear a mudança climática no curto prazo, enquanto que, dada a grande estabilidade do CO<sub>2</sub> na atmosfera, a redução do consumo dos combustíveis veiculares é importante para proteger o clima no longo prazo.

Apesar da emissão energética de GEE veicular ser predominantemente decorrente da combustão, o guia do IPCC recomenda que ainda sejam consideradas as contribuições de emissões evaporativas dos combustíveis e da degradação da ureia, quando é utilizada solução aquosa desta em sistemas de pós-tratamento via sua pulverização nos gases de escapamento<sup>46</sup>.

Emissões dos demais GEE do Protocolo de Quioto, isto é, SF<sub>6</sub>, HFC e PFC, não são gases normalmente emitidos por veículos. Seu vínculo com o setor automotivo é indireto, enquanto gases utilizados em sistemas de ar-condicionado ou pela indústria eletroeletrônica, itens cada vez mais presentes nos veículos. Eventualmente, podem ocorrer, por exemplo, emissões fugitivas de gases utilizados por aparelhos de ar condicionado dos veículos, em função de uma manutenção efetuada inadequadamente ou como consequência de um acidente. Por seu grande impacto no efeito estufa, com GWPs de algumas centenas a dezenas de milhares de vezes superiores ao do CO<sub>2</sub>, o IPCC considera essas emissões, porém separadamente do capítulo que trata da emissão de GEE associada ao uso da energia no transporte e, por esse motivo, não serão consideradas neste trabalho.

---

<sup>46</sup> Tipicamente esses sistemas são denominados SCRs, as iniciais de “*selective catalyst converter*”. A emissão de N<sub>2</sub>O de veículos com sistemas de pós-tratamento desse tipo pode ser ligeiramente aumentada.



## REFERÊNCIAS

- BOND, Tami C. **What is black carbon and where does it come from?** In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON BLACK CARBON IN LATIN AMERICA, 2009, México. Disponível em <<http://www.theicct.org/sites/default/files/Bond-1.pdf>>. Acesso em: 2013-01-17
- FIGUEIREDO, Silvio de Andrade. **Avaliação técnico-econômica das principais tendências e alternativas do transporte rodoviário nacional sob o ponto de vista energético e ambiental.** 2013. Tese (Doutorado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-18122013-153849/>>. Acesso em: 2014-07-13
- GLASER, B. et al. The 'Terra preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften* 2001 jan 88, 37–41. Disponível em: <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs001140000193>>. Acesso em: 2013-01-17.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Climate Change 2007: synthesis report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genebra: IPCC, 2007. 104 p.
- INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION. A policy-relevant summary of black carbon climate science and appropriate emission control strategies. Washington, 2009. 10 p. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/BCsummary\\_dec09.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/BCsummary_dec09.pdf)>. Acesso em: 2013-01-17.
- JONHSON et al. Processing of soot in an urban environment: case study from the Mexico City Metropolitan Area. *Journal of the European Geosciences Union: Atmospheric Chemistry and Physics*. SRef-ID: 1680-7324/acp/2005-5-3033. Disponível em <<http://www.atmos-chem-phys.net/5/3033/2005/acp-5-3033-2005.pdf>>. Acesso em: 2013-01-16.
- RAMANA, M. V. et al. Warming influenced by the ratio of black carbon to sulphate and the black-carbon source. **Nature Geoscience**, 2010; DOI: 10.1038/ngeo918. Disponível em: <<http://www.nature.com/ngeo/journal/v3/n8/abs/ngeo918.html>>. Acesso em: 2013-01-17.
- SHINDELL, D., et al. Climate, health, agricultural and economic impacts of tighter vehicle-emission standards. *Nature Climate Change* n. 1, p.59–66, 2011 DOI: 10.1038/nclimate1066 Publicado "online" em 29 de março de 2011. Disponível em <<http://www.nature.com/nclimate/journal/v1/n1/full/nclimate1066.html>>. Acesso em: 2012-02-23.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SAN DIEGO. **Black carbon pollution emerges as major player in global warming.** Rockville, EUA, *ScienceDaily*, 24 de março de 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/03/080323210225.htm>>. Acesso em: 2010-12-21.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME AND WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Integrated assessment of black carbon and tropospheric ozone: summary for decision makers.** 2011. Disponível em: <[http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Black\\_Carbon.pdf](http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Black_Carbon.pdf)>. Acesso em: 2012-02-27.
- WALSH, Michael P. **Strategies for black carbon controls in the transportation sector.** International Workshop on Black Carbon in Latin America, Cidade do México, México, 19/10/2009. Disponível em <[http://www.theicct.org/sites/default/files/Walsh\\_0.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/Walsh_0.pdf)>. Acesso em: 2013-01-17.



## ANEXO C: SISTEMAS DE PÓS-TRATAMENTO (FIGUEIREDO, 2013)

Denominam-se sistemas de pós-tratamento aqueles que são introduzidos nos veículos ou motores normalmente depois de esgotados os recursos para o controle das emissões poluentes tóxicas via o aperfeiçoamento do próprio motor de combustão. Isto é, quando o aprimoramento dos sistemas de controle e do processo de combustão do motor não for mais suficiente para atender a limites de emissões mais rigorosos, torna-se necessário introduzir um dispositivo externo ao motor, usualmente um conversor catalítico, ou simplesmente, como é comumente denominado, um catalisador. Como será mostrado, há um forte vínculo entre a tecnologia dos motores, dos sistemas de pós-tratamento e combustíveis que, por força da legislação de restrição às emissões tóxicas, precisam evoluir concomitantemente.

Tipicamente, os conversores catalíticos automotivos são constituídos por núcleo cerâmico ou metálico, repleto de passagens muito finas que visam aumentar a superfície de contato, e que serve de base, ou substrato, para a deposição de uma solução (*"wash coating"*) contendo metais nobres, como platina, paládio e ródio. Esses metais catalisam, isto é, aceleram as reações químicas de oxidação ou redução dos gases de escapamento. Para ser aplicado nos veículos, esse núcleo é encapsulado por uma carcaça metálica configurada para ser montada no duto de escapamento<sup>47</sup>. Seu posicionamento ao longo do duto de escapamento é feito em função do compromisso entre um rápido aquecimento mínimo necessário para disparar a ação do catalisador (*"light-off"*) e a temperatura máxima de operação, acima da qual o substrato pode colapsar (*"melt down"*).

Os primeiros veículos que utilizaram catalisadores foram os automóveis com motores ciclo Otto. As emissões mais críticas desses motores são o CO, hidrocarbonetos (HC) e aldeídos (RCHO), resultantes da combustão incompleta do combustível. Para diminuir a emissão desses compostos, inicialmente foi utilizado o **catalisador de oxidação**. No entanto, esses motores também emitem NO<sub>x</sub> e uma pequena parcela de MP. Como os motores ciclo Otto convencionais operam com misturas ar-combustível em torno da mistura estequiométrica ou ligeiramente enriquecidas, ou seja, sem excesso de oxigênio, o catalisador veicular logo evoluiu para **catalisador de três vias (TWC, sigla em inglês)** capaz de oxidar o CO, o HC e a fração orgânica do material particulado, e, simultaneamente, reduzir quimicamente os NO<sub>x</sub>. Essa tecnologia, que vem sendo utilizada desde a década de 80, apesar de continuar evoluindo, já está consolidada.

Já para os veículos com motores ciclo Diesel, cujas emissões mais críticas são NO<sub>x</sub> e MP, existe uma gama maior de alternativas que podem ser utilizadas. O desenvolvimento de sistemas de pós-tratamento para esses motores é uma realidade relativamente recente. Já existem algumas classes de equipamentos definidas e algumas soluções razoavelmente consolidadas, mas ao contrário do que ocorre para veículos com motores ciclo Otto, ainda não há o predomínio de uma tecnologia específica. A avaliação da conveniência da aplicação de cada alternativa depende de um conjunto mais complexo de considerações. Na verdade, de uma forma mais contundente do que acontece com os motores ciclo Otto, as soluções em discussão envolvem não somente o sistema de pós-tratamento propriamente dito, mas a otimização do conjunto motor de combustão-sistema de pós-tratamento, de forma a obter-se a melhor solução entre os diversos compromissos existentes. Isso ficará mais claro adiante à medida que forem descritas as alternativas existentes.

---

<sup>47</sup> Uma boa animação sobre o aspecto físico e a operação de um catalisador pode ser visto em <<http://www.umicore.com.br/nossosNegocios/produtosMetaisPreciososCatalisadores/Catalisadores/catalisador.htm>>, acessado em 24/7/2013.

Um agravante para a aplicação de sistemas de pós-tratamento em motores diesel é o volume de MP emitido. Ao contrário dos demais poluentes que são gases, o material particulado, ou aerossol, é composto por partículas finas, sólidas ou líquidas, de 10 nm a 100 µm, suspensas no gás. Em particular, o MP presente nos gases de escapamento dos motores é composto por metais, HC, inclusive policíclicos aromáticos (HPA), e sulfetos adsorvidos em carbono negro (BC, sigla em inglês), que, dependendo de suas características, podem rapidamente bloquear ou deteriorar os conversores catalíticos convencionais. Além de sua composição, o desenvolvimento dos sistemas de pós-tratamento de motores diesel deve também levar em consideração a distribuição do tamanho de partículas. Para diferenciar o tamanho do material particulado é comum utilizar-se a nomenclatura MP<sub>n</sub>, que denota o material particulado de tamanho inferior a *n* µm. Por exemplo, MP<sub>10</sub> é o material particulado inferior a 10 µm. As emissões de MP dos motores estão cada vez menores, mas são tipicamente inferiores a MP<sub>2,5</sub>. São apresentadas, a seguir, as principais tecnologias de sistemas de pós-tratamento aplicáveis a motores ciclo Diesel.

O **catalisador de oxidação diesel (DOC**, sigla em inglês) é semelhante ao catalisador de oxidação dos motores ciclo Otto e, como ele, tem por objetivo a oxidação do CO, HC e das frações orgânicas do MP, reduzindo-lhe sua massa. No entanto, sua aplicação requer alguns cuidados. Os metais preciosos dos catalisadores podem converter o SO<sub>2</sub> em SO<sub>3</sub>, o qual reage com a umidade contida no gás de escape, gerando ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) fumegante, que, por sua vez, além de corroer o sistema de escape e contribuir para a chuva ácida, aglomera-se ao material particulado, aumentando sua massa. Portanto, a formulação do DOC deve levar em consideração o teor de enxofre contido no óleo diesel. Caso o teor de enxofre seja alto, é necessário diminuir a concentração de metais nobres.

Os principais ganhos obtidos com o DOC são, conforme literatura, as reduções de 30% a 95% de CO e HC e de, tipicamente, menos de 30% do material particulado. Entretanto, sua eficácia tende a reduzir-se com o uso, em função do depósito de material particulado em seus poros e do envenenamento do metal precioso, problemas esses que podem ser minimizados com o uso de um óleo diesel de mais baixo teor de enxofre. Por suas características, possivelmente o DOC é a alternativa de pós-tratamento de menor custo.

Como será visto adiante, o DOC pode operar em conjunto com os demais catalisadores descritos a seguir.

O **filtro de particulados diesel (DPF**, sigla em inglês) se assemelha ao catalisador convencional, mas com sua configuração física otimizada para filtrar o material particulado contido nos gases de escapamento. O DPF tende a se saturar com o uso, o que compromete o desempenho do motor. Para que isso não aconteça, é necessário limpá-lo continuamente. Essa limpeza pode ser feita externamente, o que exige sua desmontagem, ou é necessário dispor de um mecanismo que o aqueça acima de 500°C, o que ocasiona a queima de grande parte do material sobre ele depositado. Esse aquecimento pode ser feito por meio do uso ou de dispositivos externos ao motor, como uma resistência elétrica ou um queimador de combustível, ou durante a própria operação do veículo por meio de medidas que assegurem, sempre que necessário, a elevação da temperatura dos gases de escapamento ao nível requerido. DPFs nessa categoria são denominados **filtro de particulados diesel continuamente regenerável (CRDPF**, sigla em inglês).

Outra medida utilizada para promover esse aquecimento envolve o uso de um DOC a montante do DPF. Essa nova classe de DOC mais DPF é denominada **filtro catalítico de particulados**

**diesel (CDPF, sigla em inglês)**<sup>48</sup>. A oxidação do CO, HC e da fração orgânica do material particulado contribui para elevar a temperatura do gás de escapamento antes dele chegar ao DPF. Além do aquecimento, o DOC pode também contribuir para a regeneração do DPF por meio da geração do NO<sub>2</sub>, que é capaz de oxidar o material depositado no DPF a temperaturas mais baixas (>200°C). No entanto, para gerar maior aquecimento e NO<sub>2</sub>, é necessário utilizar-se um DOC com maior teor de metais nobres e, conseqüentemente, pelos motivos anteriormente expostos, convém que o CDPF seja utilizado com um diesel de baixo teor de enxofre.

Os principais ganhos obtidos com DPFs são, conforme literatura, as reduções de cerca de 80% de CO e HC e de 70% a 90% de material particulado. Já os CDPFs alcançam reduções de até cerca de 90% de CO e HC e de 99% de material particulado. DPFs também estão sujeitos à deterioração, sendo que no caso dos CDPFs aplicam-se as mesmas restrições do DOC. Os custos usualmente divulgados dos DPF e CDPF são significativamente superiores aos do DOC.

O princípio da **redução catalítica seletiva (SCR, sigla em inglês)** baseia-se na nebulização de uma solução de ureia ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO) nos gases de escapamento, a qual gera amônia (NH<sub>3</sub>) que opera como agente redutor químico dos NO<sub>x</sub>, transformando-os em N<sub>2</sub>. Para acelerar as reações químicas, que são significativamente mais lentas que as de oxidação, utilizam-se catalisadores mais volumosos, compostos de zeólitos de ferro ou cobre, ou de vanádio. Apesar de este último ter algumas vantagens, seu uso vem sendo questionado em função do risco da emissão de óxidos de vanádio<sup>49</sup>.

Como o rendimento térmico dos motores e a geração de NO<sub>x</sub> são tanto maiores quanto maior for a temperatura de combustão, o uso do SCR, que abate NO<sub>x</sub> externamente ao motor, permite que, sem as restrições dessa emissão, a eficiência dos motores seja otimizada, o que resulta em motores mais econômicos e menor emissão de gases de efeito estufa. Outra vantagem do SCR é que ele, em sua versão mais básica, pode operar com óleo diesel com teor de enxofre mais elevado, como por exemplo, 500 ppm (S500).

As primeiras desvantagens do SCR são a necessidade de se implantar uma infraestrutura para a distribuição da ureia e os custos adicionais associados a esse fato. Além disso, como a ureia tem um custo não desprezível, é necessário dispor de mecanismos que assegurem que ela seja de fato utilizada, o que é feito, em geral, por meio do uso de sensores especiais incorporados ao controle do motor. Infelizmente, esses sensores encarecem ainda mais a aplicação do SCR e não eliminam completamente o risco de que esse sistema de controle possa ser burlado.

O SCR foi inicialmente concebido para uso industrial. Sua aplicação veicular é mais complexa em função da variabilidade de regimes de operação dos motores de combustão, o que dificulta a dosagem e a homogeneização da solução de ureia. Caso essas não sejam feitas adequadamente, pode ocorrer à emissão de amônia, composto tóxico. As medidas para se reduzir esse risco são:

- Sofisticar os sistemas de controle de injeção da solução de ureia e do motor, de forma a aprimorar a eficácia e a sua sincronização.

---

<sup>48</sup> Algumas boas animações sobre o aspecto físico e a operação do CDPF e do SCR podem ser vistas em <<http://ect.jmcatalysts.com/animation-crtandsrct.htm>>, acessado em 24/7/2013.

<sup>49</sup> O uso do vanádio é proibido no Japão e está sendo discutido nos Estados Unidos.

- A adição de um catalisador de oxidação após o catalisador SCR, capaz de oxidar a amônia (“*ammonia slip catalyst*”).
- A introdução de sensores capazes de detectar a eventual emissão de amônia.

Visando reduzir o volume do catalisador SCR, é usual também se adicionar um catalisador de oxidação a montante do SCR. O NO<sub>2</sub> nele gerado auxilia o processo de redução química dos NO<sub>x</sub>. Entretanto, o uso simultâneo de DOCs, pelos motivos já expostos anteriormente, demandam óleos diesel de baixo teor de enxofre. Consequentemente, essas soluções mais complexas de SCR são viáveis somente em países que dispõem desse óleo diesel.

No Brasil, em função da atual proposta de progressão para a introdução do óleo diesel de baixo teor de enxofre e do risco de envenenamento dos catalisadores sensíveis a teores de enxofre mais elevados, os fabricantes vêm utilizando as versões mais básicas do SCR.

O **catalisador adsorvedor de NO<sub>x</sub> (LNT)**, sigla em inglês) é capaz de reter até 90% do NO<sub>x</sub> gerado durante a operação normal dos motores diesel (mistura pobre). No entanto, posteriormente o NO<sub>x</sub> retido precisa ser reduzido quimicamente para N<sub>2</sub>, o que pode ser feito, por exemplo, por meio do enriquecimento dos gases de escape por períodos de 30 a 90 segundos. O potencial desta solução ainda está sendo avaliado quanto a aspectos como os mecanismos de regeneração, dessulfurização e degradação. O desempenho do LNT pode ser também melhorado se precedido por um DOC.

## REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, Silvio de Andrade. **Avaliação técnico-econômica das principais tendências e alternativas do transporte rodoviário nacional sob o ponto de vista energético e ambiental**. 2013. Tese (Doutorado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-18122013-153849/>>. Acesso em: 2014-07-13

## ANEXO D:

### SIMULAÇÃO DA INTRODUÇÃO DA FASE PROCONVE P8: ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE NO<sub>x</sub> E MP<sub>10</sub>

Este exercício apresenta as estimativas de emissões de NO<sub>x</sub> e MP por veículos rodoviários pesados (caminhões e ônibus), no horizonte do ano 2030 para 2 cenários:

1. **Cenário Base:** considera que o PROCONVE não exigirá novas fases (limites de emissão mais restritivos para veículos novos) até 2030;
2. **Cenário P8 em 2017:** considera a entrada em vigor de uma nova fase do PROCONVE para veículos pesados semelhante aos padrões Euro VI em 2017. .

O exercício utiliza a metodologia e os dados do *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 Ano-Base 2012* (MMA, 2014), complementando-os com as seguintes premissas e informações:

- **Projeção da taxa de crescimento das vendas de veículos novos** segundo o **Plano de Abastecimento de Óleo Diesel de Baixo Teor de Enxofre** - ANP, 2010 (ônibus crescendo 1,7% a/a e caminhões 2,2% a/a). Para o período projetado, manteve-se a mesma distribuição das vendas dos diferentes tipos de caminhões e ônibus do Inventário Nacional para 2013.
- **Ajuste da intensidade de uso de veículos de carga** (quilometragem anual percorrida por veículo) segundo metodologia apresentada no **Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima** (Ministério dos Transportes e Ministérios das Cidades, 2013);
- **Fatores de emissão e consumo do projeto ARTEMIS** (Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems) desenvolvido pelo Instituto de Motores à Combustão Interna e Termodinâmica da Universidade de Tecnologia de Graz, Áustria. Os resultados desse projeto foram utilizados como base para o desenvolvimento do software COPERT 4, utilizado pela Agência Ambiental Europeia (EEA - European Environment Agency) nas suas estimativas de emissões do transporte rodoviário. Os fatores são elaborados a partir de medições feitas em dinamômetros de motor, de chassis e a partir de medições on-board para todas as fases EURO, de modo a simular condições reais de uso.

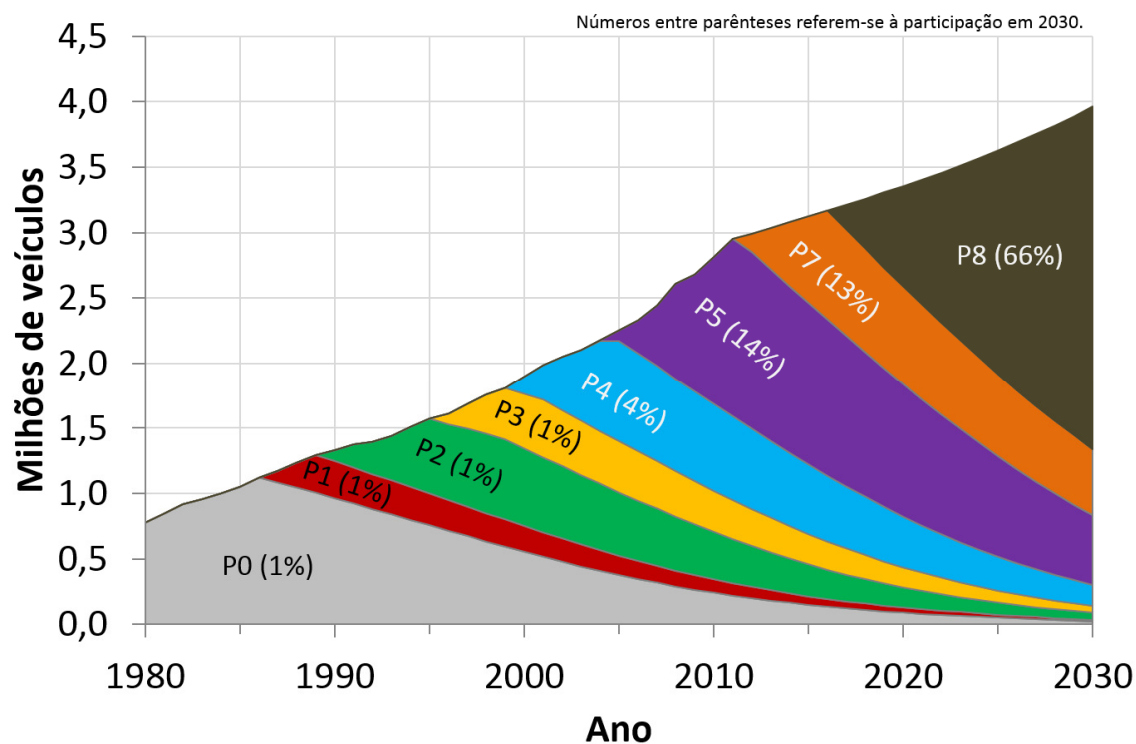
O banco de dados disponibilizado pelo ARTEMIS, disponível na página da Agência Ambiental Europeia<sup>50</sup>, apresenta fatores de emissão de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e material particulado por combustão (MP<sub>combustão</sub>), além de consumo de óleo diesel por quilômetro para veículos pesados – caminhões e ônibus. Esses fatores são apresentados na forma de funções dependentes da velocidade do veículo, as quais também têm seus parâmetros e equações de cada fator variáveis conforme a categoria do veículo, a fase tecnológica do motor (fases Euro), a carga do veículo (0%, 50% ou 100% carregado) e a declividade da pista (-6%, -4%, -2%, 0%, 2%, 4% ou 6%).

---

<sup>50</sup><<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1.a.3.b-road-transport-annex-hdv-files.zip/view>>

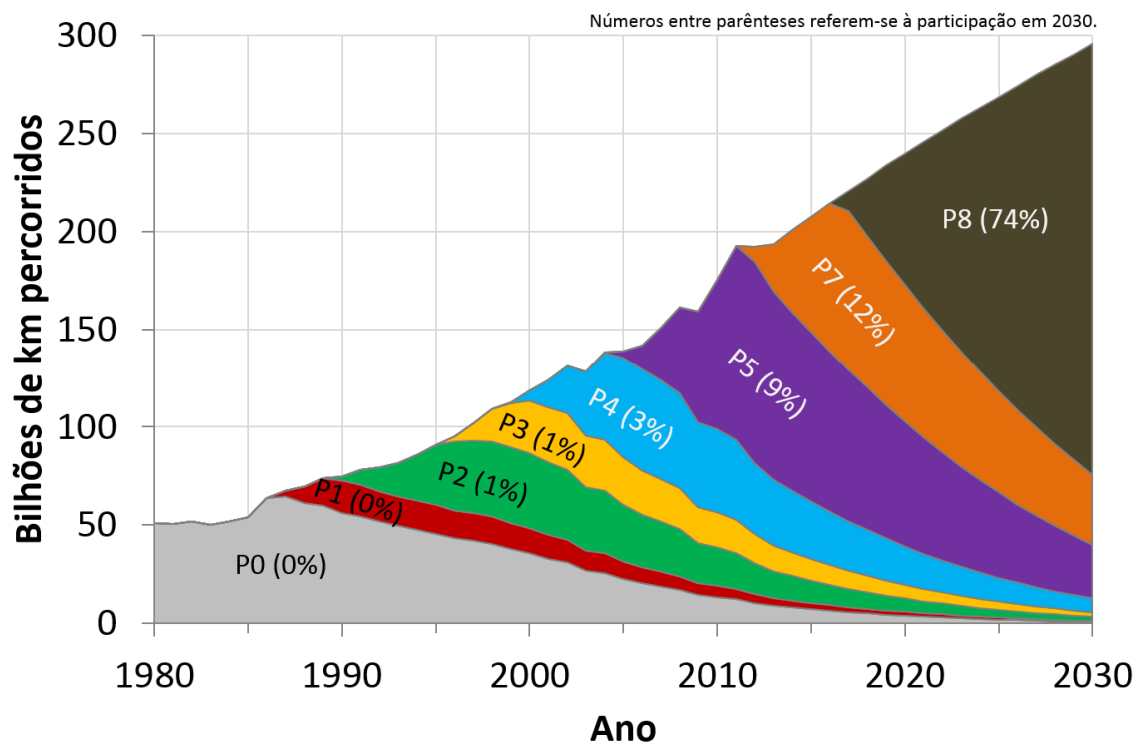


De acordo com a metodologia supracitada, a participação de cada fase PROCONVE na frota projetada é apresentada no Gráfico 1 a seguir:



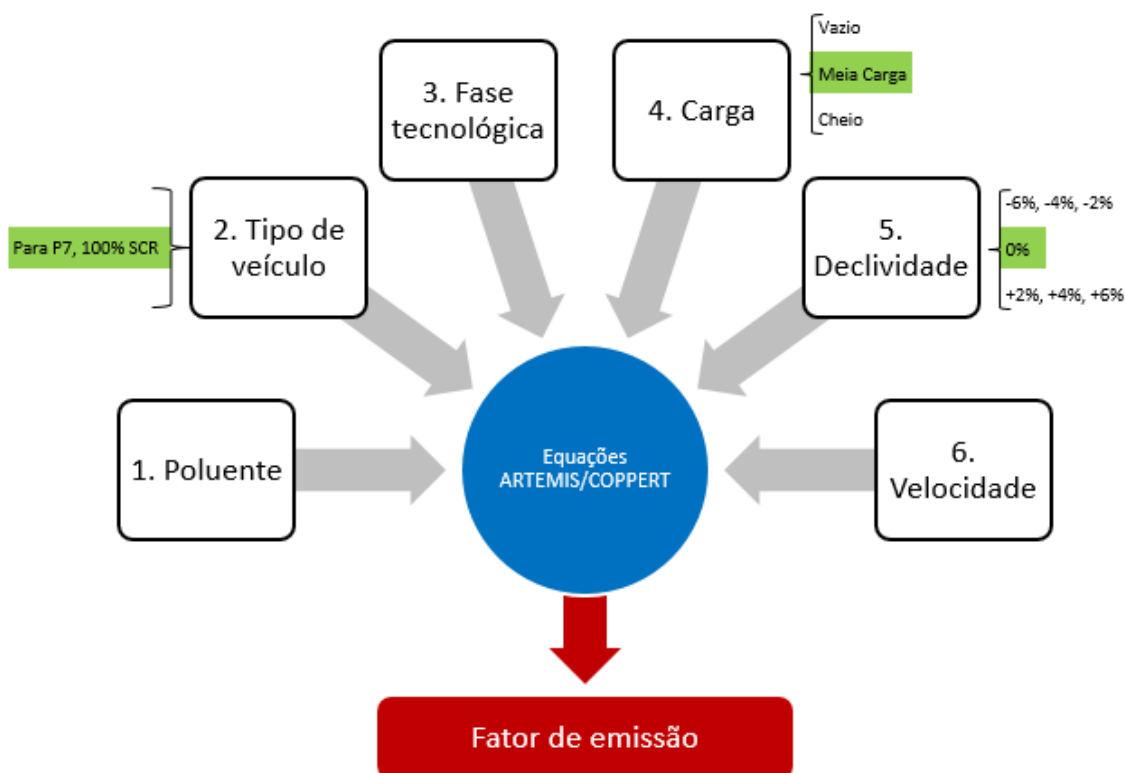
**Gráfico 1: Frota de veículos pesados por fase**

Já a participação de cada fase na quilometragem total percorrida por ano segue a evolução do Gráfico 2:



**Gráfico 2: Quilometragem percorrida por veículos pesados por ano e por fase PROCONVE**

Os fatores de emissão, calculados com a base ARTEMIS, dependem de seis dados de entrada, como apresentado na Figura 1 a seguir:



**Figura 1: Fluxo do cálculo de fatores de emissão com base ARTEMIS**

No presente exercício, essas entradas carregaram algumas simplificações:

- Para a composição da frota P7, foi assumido que 100% dos veículos dessa fase possuem sistemas SCR. Além disso, a correlação dos tipos de veículos da segmentação do 2º Inventário Rodoviário com as classes adotadas no ARTEMIS foi feita com base nos dados de vendas de veículos pesados novos em 2013, fornecidos pela ADK Automotive, de acordo com a Tabela 2;

**Tabela 2: Correlação de desagregação adotada no 2º Inventário com as classes ARTEMIS**

| <b>2º Inventário Rodoviário</b> | <b>ARTEMIS/COPPERT</b>         |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Semileves 3,5 - 6 t             | Rigid <=7,5 t                  |
| Leves 6 - 10 t                  | Rigid <=7,5 t                  |
|                                 | Rigid 7,5 - 12 t               |
| Médios 10 - 15 t                | Rigid 7,5 - 12 t               |
|                                 | Rigid 12 - 14 t                |
|                                 | Rigid 14 - 20 t                |
|                                 | Articulated 14 - 20 t          |
| Semipesados e Pesados >15 t     | Rigid 14 - 20 t                |
|                                 | Rigid 20 - 26 t                |
|                                 | Rigid 26 - 28 t                |
|                                 | Rigid 28 - 32 t                |
|                                 | Rigid >32 t                    |
|                                 | Articulated 14 - 20 t          |
|                                 | Articulated 20 - 28 t          |
|                                 | Articulated 28 - 34 t          |
|                                 | Articulated 34 - 40 t          |
| Microônibus (<12 t: ADK)        | Articulated 40 - 50 t          |
|                                 | Urban Buses Midi <=15 t        |
| Ônibus Urbanos                  | Urban Buses Midi <=15 t        |
|                                 | Urban Buses Standard 15 - 18 t |
|                                 | Urban Buses Articulated >18 t  |
| Ônibus Rodoviários              | Coaches Standard <=18 t        |
|                                 | Coaches Articulated >18 t      |

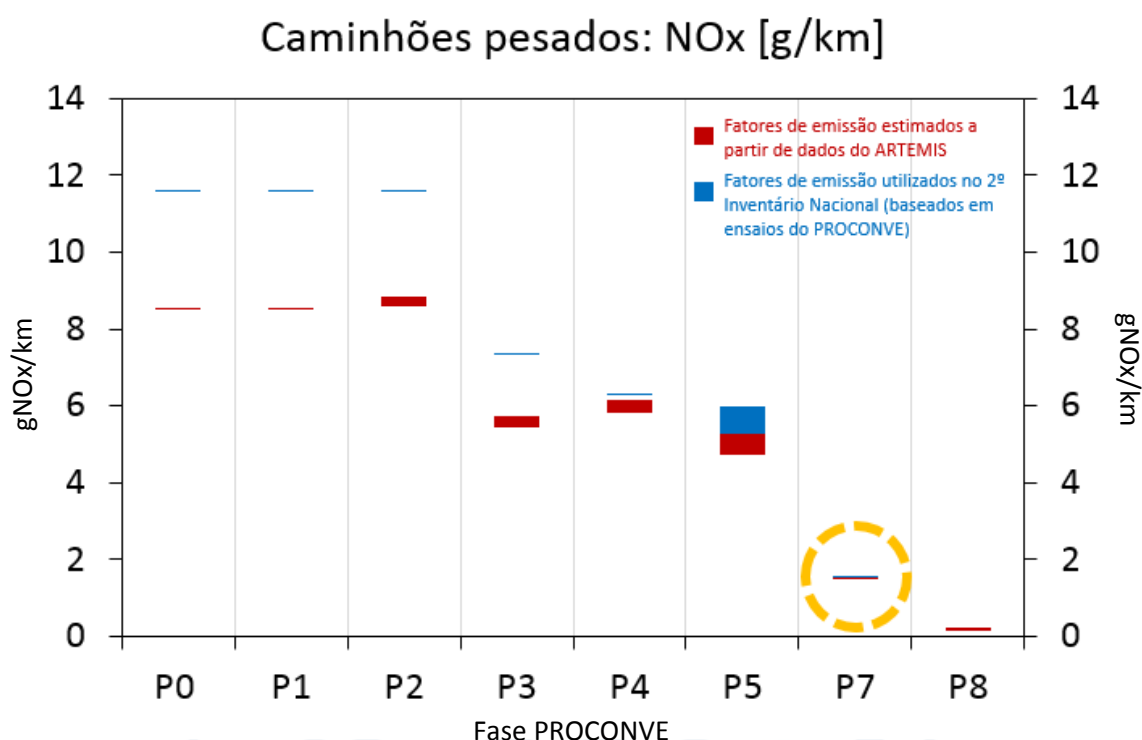
- Para o cálculo dos fatores de emissão, assumiu-se que os veículos circulam com 50% de sua carga máxima;
- A declividade assumida das vias assumida foi de 0%;
- Com base nos estudos comparativos de ônibus urbanos (IPT, 2007) e na utilização mais característica de cada tamanho de veículo, foram atribuídas velocidades médias para cada segmento, de acordo com a Tabela 3:

**Tabela 3: Velocidade média assumida para cada categoria de veículo**

| <b>Categoria</b>      | <b>Ciclo</b>           | <b>Velocidade média (km/h)</b> |
|-----------------------|------------------------|--------------------------------|
| Caminhões Semileves   | Ciclo Urbano NBR 7024  | 34,3                           |
| Caminhões Leves       | Ciclo Urbano NBR 7024  | 34,3                           |
| Caminhões Médios      | Ciclo Urbano NBR 7024  | 34,3                           |
| Caminhões Semipesados | Ciclo Estrada NBR 7024 | 77,7                           |
| Caminhões Pesados     | Ciclo Estrada NBR 7024 | 77,7                           |
| Microônibus           | Ciclo Orange County    | 19,8                           |
| Ônibus Urbanos        | Ciclo Orange County    | 19,8                           |
| Ônibus Rodoviários    | Ciclo Estrada NBR 7024 | 77,7                           |

Como resultado dessas entradas, foram obtidos os fatores de emissão para óxidos de nitrogênio e material particulado para as diferentes categorias. Reiterando que a metodologia ARTEMIS é baseada em medições em condições reais de uso, assim foi possível observar discrepâncias bastante consideráveis em alguns segmentos de veículos quanto aos fatores de emissão de NO<sub>x</sub> em comparação com os fatores utilizados no Inventário Nacional, como será apresentado a seguir:

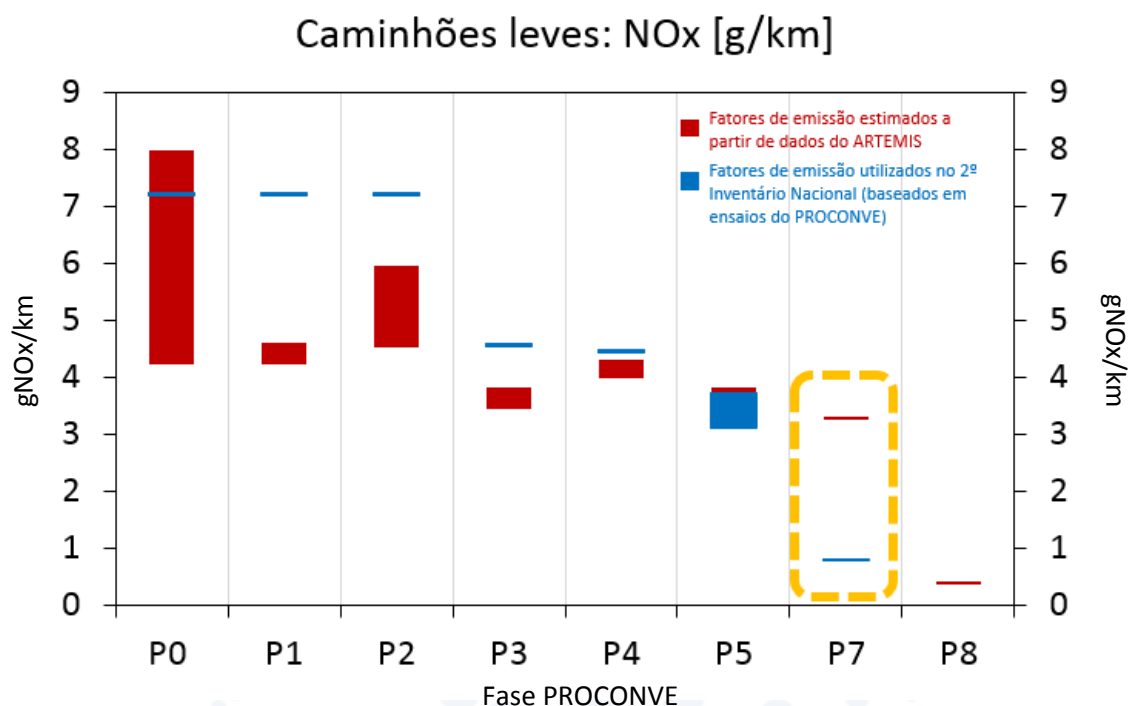




**Gráfico 3: Comparação dos fatores de emissão de NOx para caminhões pesados**

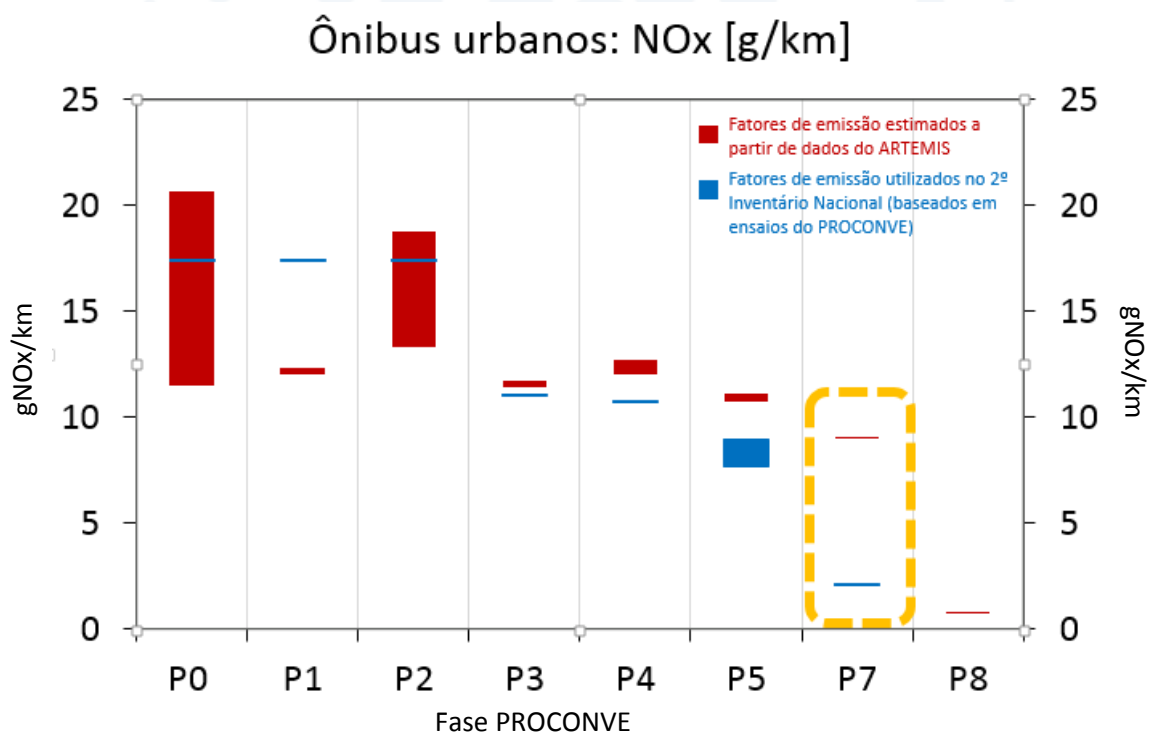
Para os caminhões pesados, verificou-se que os fatores das fases mais recentes apresentaram bastante semelhança entre os calculados pelo ARTEMIS e os utilizados no Inventário, como apresentado no Gráfico 3. É possível que os ciclos de testes de bancada adotados no Brasil aos quais são submetidos os motores representem bem as situações reais de uso dessa categoria de veículos.

Por outro lado, para os caminhões leves, é possível observar um grande descolamento dos fatores oriundos das duas metodologias. Esse resultado, apresentado no Gráfico 4, em conformidade com as críticas presentes no documento *Urban off-cycle NOx emissions from Euro IV/V trucks and buses: Problems and solutions for Europe and developing countries* (ICCT), é mais um indício de que esses veículos podem ter sido projetados com base nos ciclos de teste a que são submetidos e que estes podem não representar as reais condições de utilização.



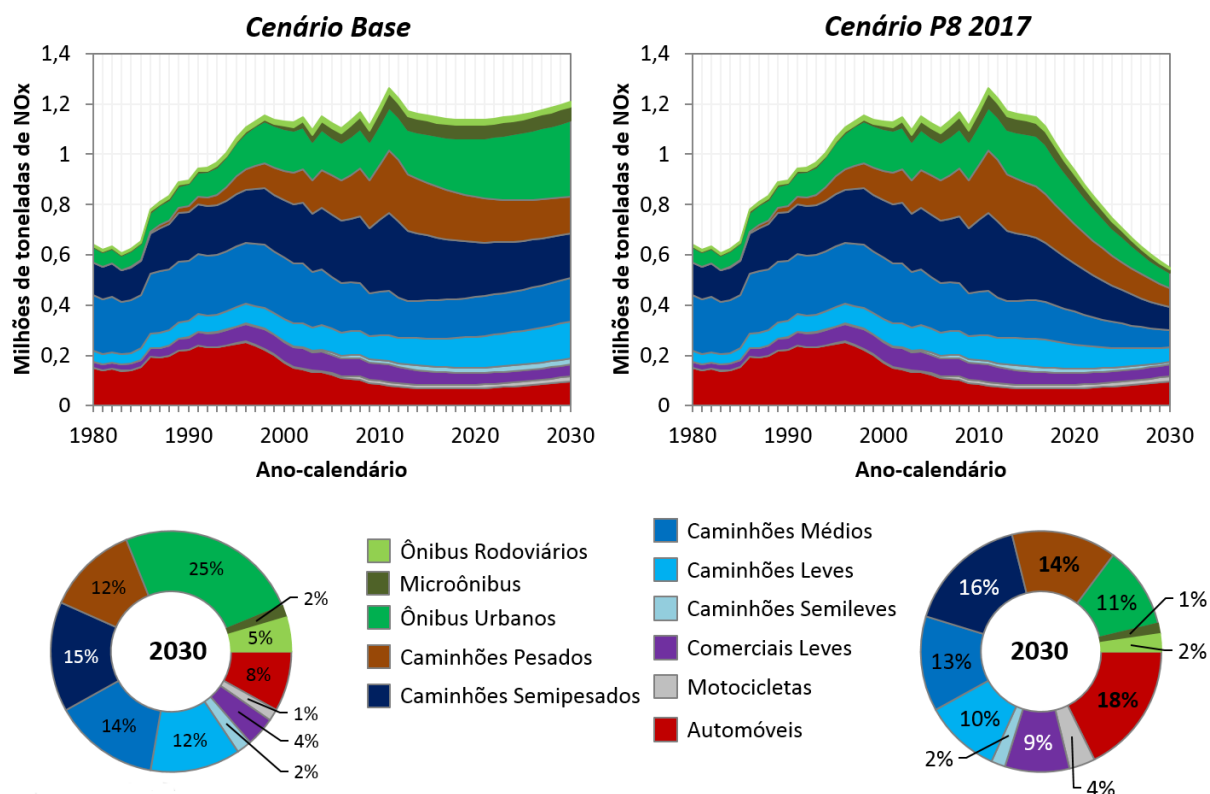
**Gráfico 4: Comparação dos fatores de NOx para caminhões leves**

Situação semelhante pode ser constatada para o caso dos ônibus urbanos. No Gráfico 5 é possível observar mais uma vez que as críticas quanto à eficiência do SCR nos veículos P7, quando em baixas velocidades, refletem nos resultados de emissões baseados em veículos em condições mais próximas da operação.



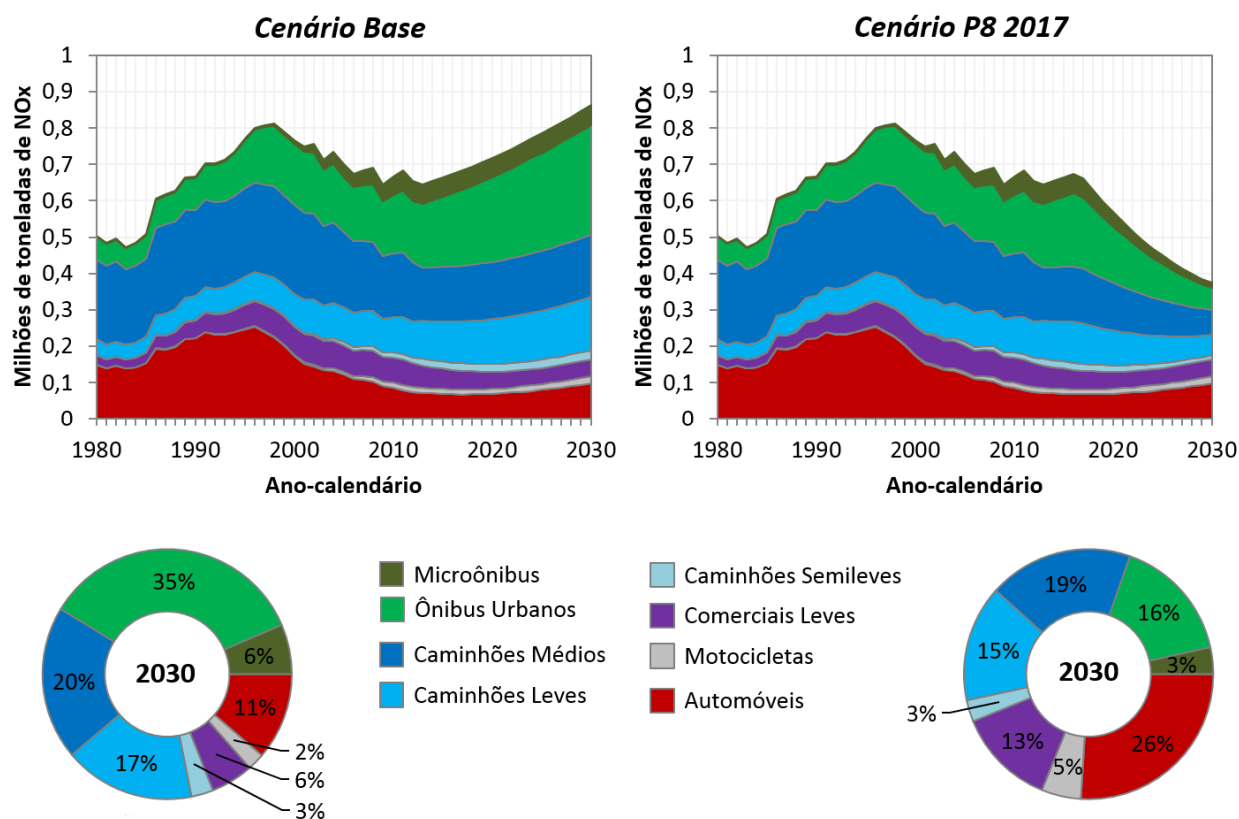
**Gráfico 5: Comparação dos fatores de emissão de NOx para os ônibus urbanos**

As emissões totais de NOx, por categoria de veículos, resultante da modelagem com os parâmetros anteriormente explicitados em cada cenário são apresentados na Figura 2 a seguir:



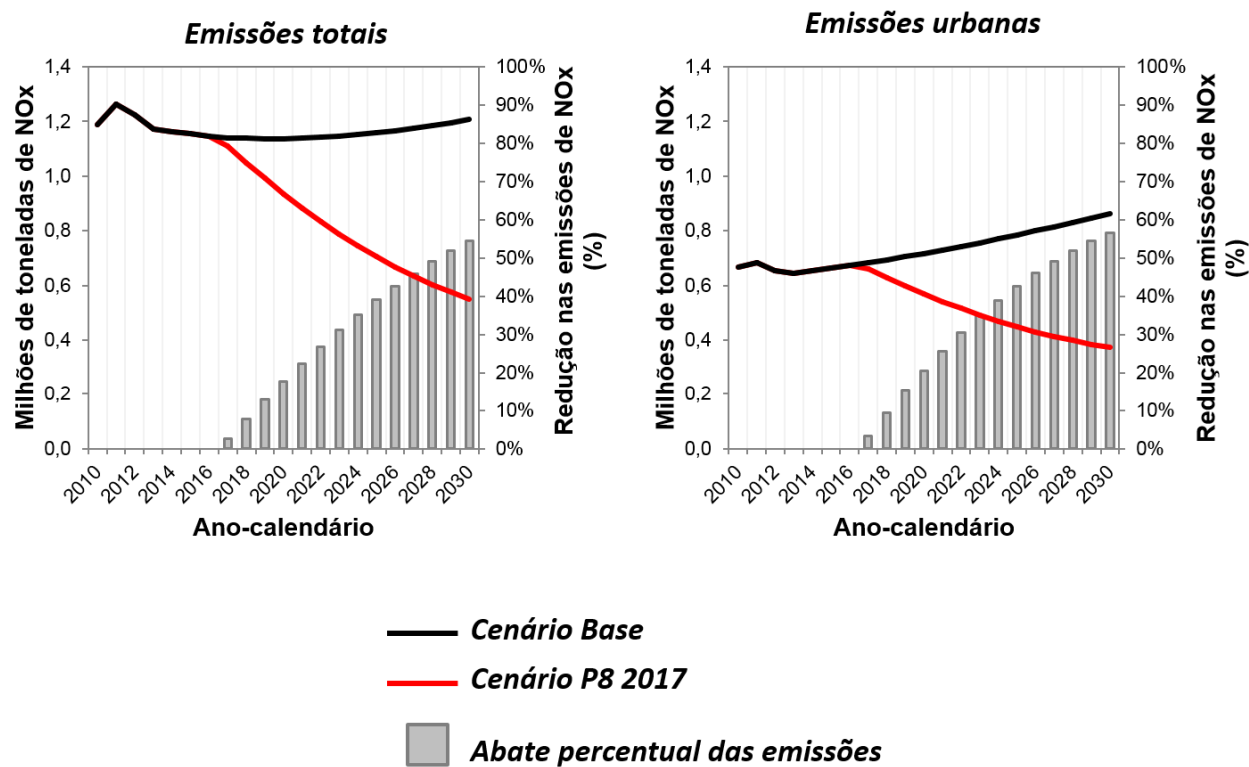
**Figura 2: Emissões totais de NOx por categoria de veículos**

É bastante evidente a sensível redução das emissões dos óxidos de nitrogênio no caso da adoção de padrões e de ciclos de testes que efetivamente levem a uma redução da emissão desses gases, com atenção especial para os ônibus urbanos. É nesse ambiente onde as emissões de gases tóxicos têm maior influência na saúde humana, sendo portanto o principal foco de ações de controle. Os gráficos na Figura 3 a seguir apresentam a comparação realizada considerando apenas as frotas urbanas:



**Figura 3: Emissões de NOx por categoria de veículos urbanos**

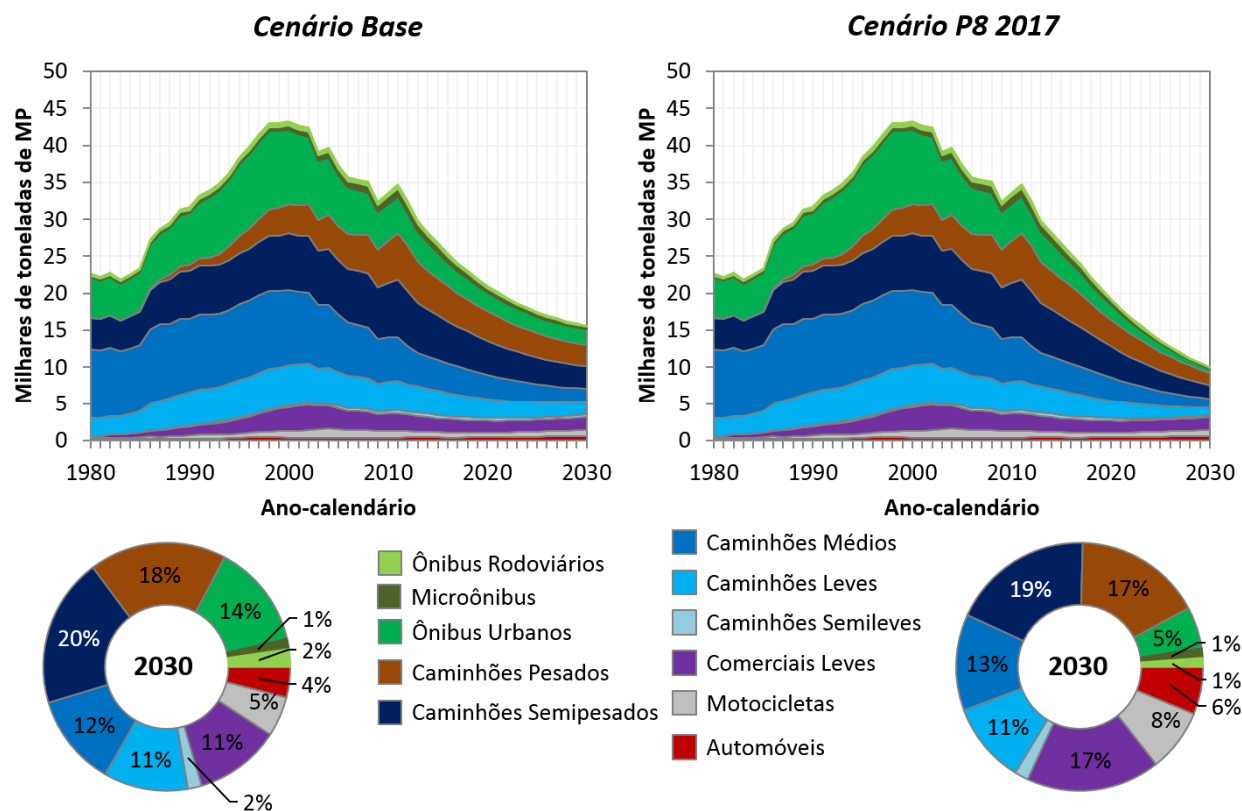
Nota-se, portanto, que os ônibus são os principais atores nessa problemática e que a introdução da nova fase seria capaz, segundo a modelagem, de reduzir as emissões urbanas de NO<sub>x</sub> em mais da metade, como apresentado na Figura 4 a seguir:



**Figura 4: Emissões de NOx no transporte rodoviário brasileiro**

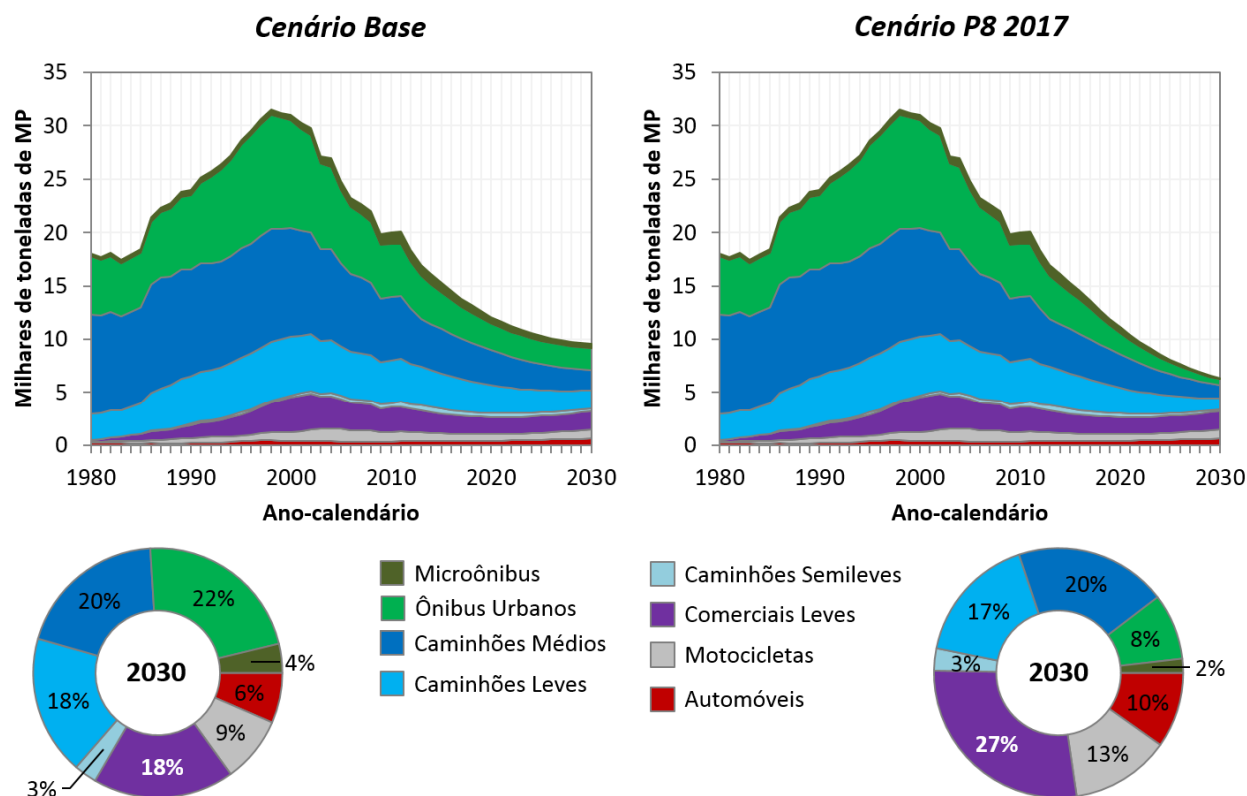
Já o material particulado oriundo da queima dos combustíveis teria, no cenário P8, uma redução não tão brusca quanto o NOx, mas ainda muito relevante como apresentado na Figura 5 a seguir:





**Figura 5: Emissão de material particulado oriundo da queima de combustíveis**

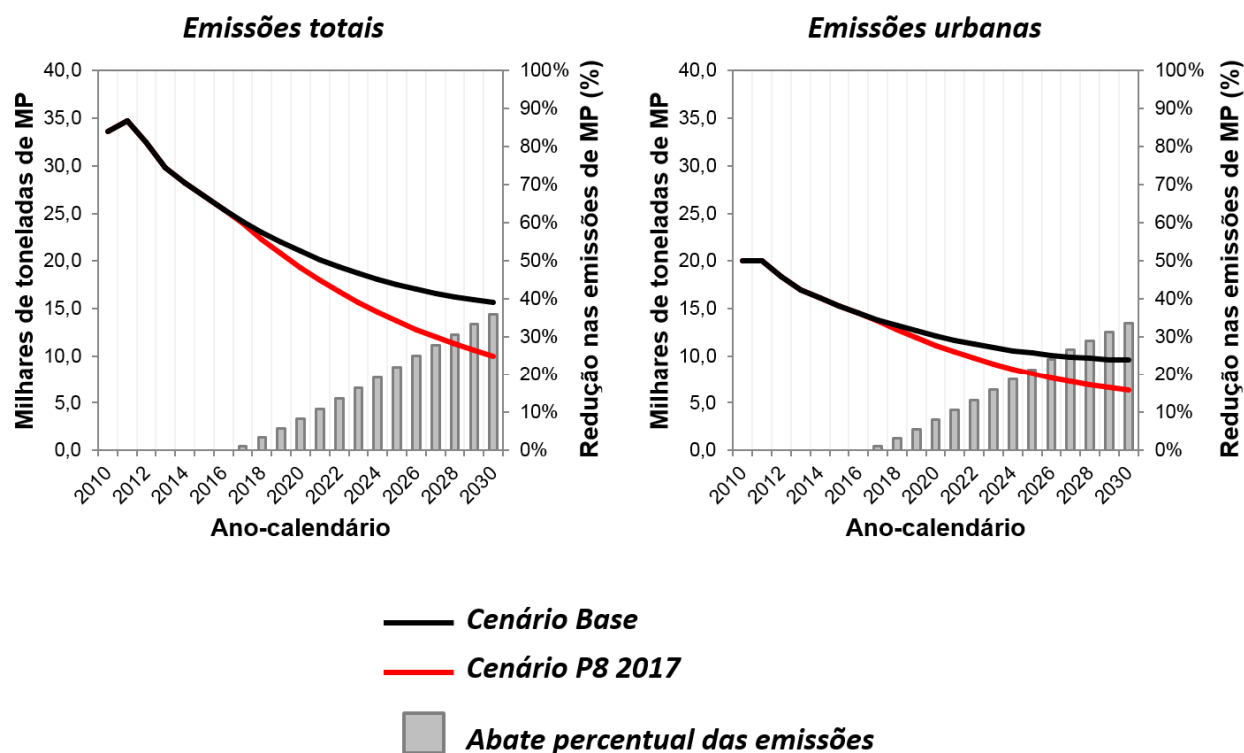
A mesma análise anterior pode ser feita para o material particulado, que também apresenta seus maiores efeitos deletérios nos centros urbanos. Assim, a Figura 6 a seguir apresenta as emissões de MP pela queima de combustíveis nas frotas urbanas:



**Figura 6: Emissão de material particulado oriundo da queima de combustíveis em frotas urbanas**

Os veículos comerciais leves, os caminhões leves, médios e os ônibus têm uma enorme participação na emissão do MP nas frotas urbanas. Desses veículos, os ônibus apresentaram um grande potencial de redução de emissões. Cabe lembrar que os ônibus urbanos possuem um ciclo de operação bastante específico, com grande número de paradas, ainda mais distante dos ciclos aos quais os motores são submetidos nos testes de bancada.

A Figura 7 a seguir resume a comparação entre os cenários de emissão de MP<sub>10</sub> pela queima dos combustíveis no transporte rodoviário brasileiro:



**Figura 7: Emissões de MP oriundo da queima de combustível no transporte rodoviário brasileiro**

Os resultados demonstram que os investimentos em tecnologias para veículos pesados impactam diretamente nas emissões das frotas urbanas, com especial atenção para os ônibus. Vale mais uma vez salientar que são nos grandes centros urbanos que as altas concentrações de gases tóxicos surtem seus maiores efeitos na saúde pública, principalmente pelo número de pessoas expostas.

## REFERÊNCIAS

- ARTEMIS. **EMEP-EEA emission inventory guidebook** - 2009. Base acessada em <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1.a.3.b-road-transport-annex-hdv-files.zip>
- ANP, 2010. **Plano de Abastecimento de Óleo Diesel de Baixo Teor de Enxofre**
- MMA, 2014. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 Ano Base 2012**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil, 2014
- ICCT -INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION. **A policy-relevant summary of black carbon climate science and appropriate emission control strategies**. Washington, 2009. 10 p. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/BCsummary\\_dec09.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/BCsummary_dec09.pdf)>. Acesso em: 2013-01-17.
- IPT, 2007. **Ensaio comparativos de ônibus urbanos**. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. São Paulo. IPT Relatório Técnico nº 91.377-205. Junho de 2007.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES E MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013. **Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima**