

## SENSORIAMENTO REMOTO: UMA ALTERNATIVA PARA O CONTROLE DA POLUIÇÃO VEICULAR

Luciana Maria Baptista Ventura<sup>1</sup>  
Márcio de Almeida D'Agosto<sup>2</sup>

### RESUMO

Os veículos a diesel tem se mostrado um grande vilão da qualidade do ar por todo mundo. Desde o final da década de 80, diversos países passaram a implantar Programas de Inspeção e Manutenção de veículos em Uso (Programa I/M) como instrumento de controle das emissões. Aliado a isso, Europa e Estados Unidos há mais de 25 anos adotam o sensoriamento remoto (SR) como uma ferramenta de controle adicional no combate à poluição veicular. Porém, no Brasil as ações de mitigação das emissões veiculares tem se concentrado apenas na fabricação de veículos novos menos poluentes, que com pouco tempo de uso tendem a emitir de 3-4 vezes mais do que quando era 0km. Em função da baixa adesão ao programa de I/M, este trabalho visa propor o SR instalado em postos de pesagem em rodovias federais como uma alternativa viável (operacionalmente simples e de baixo custo) de controle de veículos reconhecidamente mais emissores de poluentes atmosféricos, que são os veículos pesados, em especial os caminhões. Tornando-se o SR mais um instrumento de controle previsto no Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Pois, estudos revelam que esse tipo de controle pode desencorajar a circulação de veículos em mal estado de conservação, com emissões a cima dos limites legais e estimular a manutenção periódica deles, devido a maior fiscalização e a possibilidade do condutor levar multas. Portanto, parte do investimento poderia ser recuperado com menos gastos com saúde pública.

**Palavras-chave:** Poluição do ar. Veículos pesados. Fiscalização *on-road*. Controle de emissões.

---

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia Química e Engenharia Industrial, especialização em Gestão Ambiental, mestrado em Engenharia Química e doutorado em Química e pós-doutorado Engenharia De Transportes. Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. E-mail: engenlu@gmail.com.

<sup>2</sup> Programa de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: dagosto@pet.coppe.ufrj.br.

## REMOTE SENSING: AN ALTERNATIVE FOR VEHICLE POLLUTION CONTROL

### ABSTRACT

Diesel vehicles have showed to be a major villain of air quality around the world. Since the late 1980s, several countries have implemented Vehicle Inspection and Maintenance Programs in-service (I/M Program) as an instrument to control emissions. Coupled with this, Europe and United States have adopted remote sensing (RS) for over 25 years as an additional control tool in combating vehicular pollution. However, in Brazil, vehicle emission mitigation actions have focused only on the manufacture of new less polluting vehicles, which at short time of use tend to emit 3-4 times more than when it was 0km. Due to the low adherence the I/M program in Brazil, this paper aims to present the RS installed in weighing stations on federal highways as a viable alternative (operationally simple and low cost) to control vehicle known to be more emitters pollutants, which are heavy-duty vehicles, especially trucks. Becoming the SR another control instrument foreseen in the Air Pollution Control Program by Motor Vehicles. Because studies show this type of control can discourage the circulation of vehicles in poor condition, with emissions above legal limits and stimulate periodic maintenance of them, due to greater supervision and the possibility of the driver being fined. Therefore, part of the investment could be recovered with less spending on public health.

**Key-words:** Air pollution. Heavy-duty vehicles. On-road inspection. Emissions control.

### 1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas foram feitos vários estudos sobre a poluição atmosférica em função da progressiva deterioração da qualidade do ar e seus efeitos sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana (BROOK et al., 2010; DE OLIVEIRA et al., 2011; HEAL et al., 2012; JIMODA, 2012; POPE e DOCKERY, 2012; DALLMANN e FAÇANHA, 2016). No Brasil, preocupação sobre os efeitos adversos dos altos índices de poluição do ar se iniciou na década de 80, quando o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) instituiu o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR, por meio da Resolução nº 05, de 15 de junho de 1989 (VENTURA et al., 2019). Este programa visa controlar, preservar e recuperar a qualidade do ar em todo o território nacional (CONAMA, 1989).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 91% da população mundial vive em locais que ultrapassam os níveis de qualidade do ar recomendados por ela, os quais garantem mínimo prejuízo à saúde humana. A poluição do ar é

responsável por cerca de 4,2 milhões de mortes por ano devido a acidente vascular cerebral, doença cardíaca, câncer de pulmão e doenças respiratórias crônicas. Essas letalidades correspondem a 7,6% de todas as mortes ocorridas no mundo no ano de 2016 (OMS, 2018).

O PRONAR é um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida, com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhoria na qualidade do ar; o atendimento aos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar (CONAMA, 1989; VENTURA *et al.*, 2019).

Os veículos automotores estão entre as principais e mais significativas fontes de emissão de poluentes atmosféricos, que contribuem para a degradação da qualidade do ar na maioria das metrópoles brasileiras (BRASIL, 2013; VENTURA, 2019). Por esta razão, o primeiro programa que veio atender a Resolução CONAMA nº 05/89 foi o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), instituído através da Resolução CONAMA nº 18, publicada em 6 de maio de 1986. Este programa tem como objetivo reduzir e controlar a poluição causada por automóveis, caminhões, ônibus e máquinas rodoviárias e agrícolas (BRASIL, 1986; VENTURA *et al.*, 2019).

As ações previstas no PROCONVE para controlar as emissões veiculares foram estabelecer compulsoriamente que os fabricantes de veículos alcançassem limites máximos de emissão de gases e partículas para atmosfera cada vez menores a cada fase programada (fases P1 a P7), através de implantação de melhorias tecnológicas constantes nos veículos automotores, assim como estabeleceu que as refinarias produzissem combustíveis gradualmente de melhor qualidade a serem comercializados no Brasil (VENTURA *et al.*, 2019; PACHECO *et al.*, 2017). A maioria das ferramentas políticas e mecanismos de controle de emissões veicular se concentram no estabelecimento de limites de emissão para veículos novos e combustíveis cada vez mais rigorosos (CAS, 2013; BRITO *et al.*, 2015). Embora sejam estratégias muito importantes para controlar as emissões veiculares, CAS (2013) enfatiza que deve-se também ser focado esforços para o controle dos veículos em circulação nas vias, ou seja, aqueles denominados “veículos em uso”, através de

algum tipo de fiscalização. Pois, os veículos em uso emitem em média de três a quatro vezes mais poluentes do que os novos.

Os inventários de emissões rodoviárias produzidos no Brasil indicam que os veículos pesados são os maiores vilões na poluição do ar dentre os veículos circulantes, mesmo respondendo por menos de 10% da frota (BRASIL, 2013; INEA, 2016; CETESB, 2017; SEA, 2011).

O PROCONVE estabeleceu também a obrigatoriedade da implantação de Programas de Inspeção e Manutenção dos Veículos em Uso (Programa de I/M) aos estados e municípios com uma frota superior a 3 milhões de veículos em até 10 anos da publicação da Resolução CONAMA nº 18/86 (CONAMA, 1986; VENTURA *et al.*, 2020).

O Programa de I/M tem como objetivo avaliar se todas as melhorias implantadas pelos fabricantes de veículos e refinarias para o controle das emissões nos veículos sejam mantidas ao longo do uso do mesmo. Logo, a proposta deste programa é assegurar que os limites máximos de emissão sejam mantidos durante a vida útil dos veículos através de vistorias periódicas realizadas coordenadas por órgãos ambientais (VENTURA *et al.*, 2020; CARDINALE e BRANCO, 2016).

O objetivo deste trabalho é apresentar o sensoriamento remoto como uma alternativa viável de avaliação das emissões de poluentes atmosféricos *on-road* dos principais poluidores do ar, que são os veículos pesados, em especial os caminhões, em rodovias federais, uma vez que estes tem circulação transfronteiriça aos estados e são, de acordo com os estudos, os maiores emissores de poluentes atmosféricos rodoviários.

## **2 EMISSÕES DE POLUENTES POR VEÍCULOS PESADOS**

Os principais poluentes emitidos pelos veículos automotores são material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO) (BRASIL, 2013; VENTURA, 2019). Segundo estudos de Goyal *et al.*, 2010; Ventura *et al.*, 2016a e Martins *et al.*, 2017, as partículas inaláveis e os dióxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>) e nitrogênio (NO<sub>2</sub>) são poluentes atmosféricos emitidos, principalmente, por veículos pesados movidos à diesel.

Estimativas globais sugerem que a poluição ambiental externa (outdoors) cause 1,15 milhões de óbitos em todo o mundo (correspondendo a cerca de 2% do

total de óbitos) e seja responsável por 8,75 milhões de anos vividos a menos ou com incapacidade, (OBERG *et al.*, 2011). Para o Brasil, a OMS estima que a poluição atmosférica cause cerca de 20 mil óbitos/ano, valor cinco vezes superior ao número de óbitos estimado pelo tabagismo ambiental/passivo (OMS, 2009).

Segundo o inventário de emissões rodoviárias nacional (BRASIL, 2013), os caminhões emitem 71% do NOx e 75% do MP emitido por toda frota circulante, mesmo sendo apenas 3% dessa frota. Esse cenário se repete em grandes estados brasileiros, no estado de São Paulo (CETESB, 2017), os caminhões emitem 58% do NOx e 64% do MP emitido por toda frota circulante, mesmo sendo apenas 3% dessa frota. No estado do Rio de Janeiro (SEA, 2011), os caminhões emitem 58% do NOx e 64% do MP emitido por toda frota circulante, mesmo sendo apenas 2% dessa frota.

A Tabela 1 apresenta os limites de emissão de poluentes emitidos pelos caminhões que foram estabelecidos por Resoluções CONAMA em todas as fases do PROCONVE (P1-P7), que correspondem a uma fase de controle de emissões europeia (EURO 0 – EURO 5). Pois, a Europa tem ditado os avanços de controle das emissões de veículos a diesel, por serem a maioria da categoria de automotores.

Tabela 1 - Fases do PROCONVE para veículos do ciclo Diesel

Fases PROCONVE	Fases Euro	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	Teor de enxofre (ppm)	Data de implantação	Resolução CONAMA
P1	Sem espec.	14,00 <sup>(2)</sup>	3,50 <sup>(2)</sup>	18,02	-	-	1989	18/1986
P2	Euro 0	11,20	2,45	14,40	0,60 <sup>(2)</sup>	3.000 a 10.000	1994	8/1993
P3	Euro 1	4,90	1,23	9,00	0,40 ou 0,70 <sup>(1)</sup>	3.000 a 10.000	1996	8/1993
P4	Euro 2	4,00	1,10	7,00	0,15	3.000 a 10.000	2000	8/1993
P5	Euro 3	2,10	0,66	5,00	0,10 ou 0,13 <sup>(*)</sup>	500 a 2.000	2006	315/2002
P6 <sup>(3)</sup>	Euro 4	1,50	0,46	3,50	0,02	50	2009	315/2002
P7	Euro 5	1,50	0,46	2,00	0,02	10	2012	403/2008

Fonte: VENTURA *et al.*, 2019

Segundo os inventários de emissões rodoviárias produzidos no Brasil (BRASIL, 2013; INEA, 2016; CETESB, 2017; SEA, 2011), os caminhões representam 3% da

frota nacional, 3% da frota dos veículos automotores do estado de São Paulo e 2% do estado do Rio de Janeiro.

### **3 PROGRAMA DE I/M**

Um Programa de I/M tem como objetivo identificar desconformidades dos veículos em uso, tendo como referências as especificações originais dos fabricantes dos veículos; as exigências da regulamentação do PROCONVE; e as falhas de manutenção e alterações do projeto original que causem aumento na emissão de poluentes (CONAMA, 2009; VENTURA *et al.*, 2020). Além disso, ele tem como princípio a realização das inspeções ambientais veiculares, e como principais propósitos encorajar a manutenção corretiva e preventiva dos veículos e desestimular a adulteração dos dispositivos de controle de emissões, assegurando o atendimento aos padrões de emissão, contribuindo dessa forma na melhoria da qualidade do ar (VENTURA *et al.*, 2016b; VENTURA, 2019). Pois, a falta de manutenção e a manutenção incorreta dos veículos podem ser responsáveis pelo aumento da emissão de poluentes e do consumo de combustíveis (CAS, 2013; BRITO *et al.*, 2015; PACHECO *et al.*, 2017), os quais são causadores tanto de problemas de saúde na população, quanto fortes contribuidores das mudanças do clima (CONAMA, 2009).

O estado do Rio de Janeiro foi o único a implantar o Programa de I/M em 1997, conforme determinava a Resolução CONAMA nº 18/86 e a Lei Federal nº 9.503/97. Este programa atualmente é o único vigente no Brasil. A cidade de São Paulo já teve por 6 anos (2008-2013) o programa em operação, já que registra a maior frota do Brasil (BRASIL, 2018a; VENTURA *et al.*, 2020).

Em ambos os casos, o veículo é levado a um local adequado para recebê-lo para realizar o licenciamento anual, com profissionais capacitados a realizar a inspeção veicular, que farão a avaliação dos itens previstos na Instrução Normativa IBAMA nº 10/2010, e ao final da inspeção o veículo receberá, caso aprovado, o certificado de registro de licenciamento veicular (CONEMA, 2016; VENTURA, 2019).

Porém, devido à baixa adesão dos estados na implantação das inspeções ambientais veiculares, em 2009, o CONAMA publicou a Resolução nº 418, a qual dispôs sobre os critérios para a implantação de Programas de I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente. Entretanto, não houve um aumento do número de estados aderindo essa Resolução. Logo, os veículos que circulam nas vias

de todo território nacional não sofrem qualquer tipo de inspeção quanto ao controle de emissões de poluentes atmosféricos (VENTURA *et al.*, 2019).

Para a implantação de Programas de I/M é necessário grande investimento em infraestrutura, aquisição de tecnologias de inspeção, treinamento de pessoal com qualificação, entre outros (CAS, 2013), o que provavelmente são os empecilhos que os governantes encontram para implantar o Programa de I/M em seus estados. Pois, em praticamente todos os Planos de Controle de Poluição Veicular apresentados pelos estados ao Ministério do Meio Ambiente em 2011 indicavam da necessidade de controlar as emissões dos veículos, em especial os pesados (BRASIL, 2018).

Com o aumento da preocupação com a poluição do ar causada pelas atividades humanas e seus efeitos sobre o meio ambiente ao redor do mundo, tornou-se cada vez mais importante o refinamento dos métodos de controle das emissões veiculares por parte dos órgãos governamentais competentes (GIONGO, 2019).

Segundo CAS (2013), aproximadamente 30% dos veículos com cinco anos de fabricação emitem poluentes atmosféricos acima dos limites legais. Este número também foi verificado no estudo realizado por Ventura *et al.* (2020), com os dados do Programa de I/M do estado do Rio de Janeiro e por Cardinale and Branco (2016), com os dados da cidade de São Paulo. No geral, 10 a 30% dos veículos causam a maior parte do problema (US EPA, 1993). Porém, nem sempre é óbvio quais veículos se enquadram nessa categoria, pois as próprias emissões podem não ser perceptíveis e o mau funcionamento do controle de emissões não afeta necessariamente a capacidade de condução do veículo (CAS, 2013), o que não alerta ao condutor que o veículo apresenta algum tipo de defeito no sistema de controle de emissões. Por este motivo, se faz necessário a verificação periódica do estado de manutenção destes veículos através de alguma técnica de inspeção veicular.

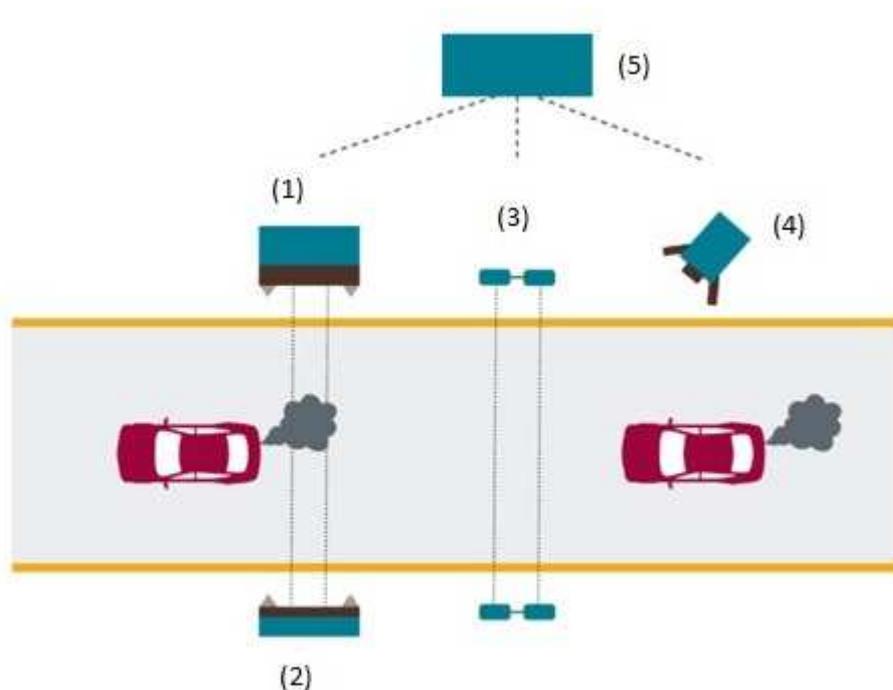
#### **4 SENSORIAMENTO REMOTO**

O sensoriamento remoto é uma alternativa de inspeção veicular *on-road* (na via), já adotada há mais de 25 anos na Europa para monitorar veículos a diesel (ICCT, 2018). Esta tecnologia foi oficialmente reconhecida, desde 1996, pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (US EPA) para medições de emissões em escapamentos de veículos em uso e um instrumento de gerenciamento da qualidade do ar (US EPA, 1996; US EPA, 2002).

A técnica de sensoriamento remoto (SR) mede as emissões de escape por espectroscopia de absorção sem contato direto com o veículo e o motorista (ICCT, 2018). Esta foi desenvolvida ao final da década de 80 (Figura 1). Em 2009, o instrumento sofreu uma inovação, pois foi adotado um laser como fonte de luz, tornando a medição mais seletiva e precisa para os poluentes em estudo através de um moderno sistema de detecção e reporte das emissões, denominado EDAR (*Emission Detection And Reporting*). Além disso, a fonte de luz e o detector são montados acima da estrada nesta configuração, ao invés do feixe de luz cruzar a via (Figura 2).

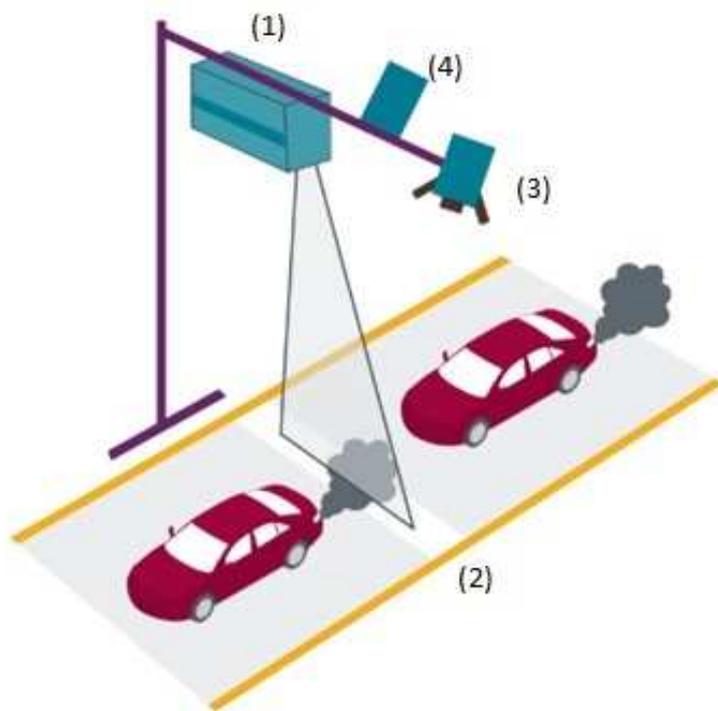
A Figura 1 apresenta a configuração proposta por McClintock (2012), com um sensoriamento transversal a via, já a Figura 2 apresenta a configuração proposta por Ropkins et al. (2017) para o sensoriamento remoto descendente (EDAR).

Figura 1 - Configuração esquemática das três unidades do dispositivo de SR: (1) fonte de luz e o detector de luz; (2) espelho retrovisor do outro lado da estrada (3) detectores de velocidade e aceleração; (4) gravador da placa do veículo; (5) processador dos dados coletados.



Fonte: Adaptado ICCT (2018)

Figura 2 - Configuração esquemática das três unidades do dispositivo de SR: (1) EDAR; (2) faixa refletora; (3) câmera de gravação da velocidade e placa do veículo; (4) sensor meteorológico.



Fonte: Adaptado ICCT (2018)

No primeiro caso (Figura 1), três módulos funcionam coordenadamente para que ocorra a medição dos poluentes. A primeira unidade mede as emissões dos veículos por espectroscopia de absorção. As fontes de luz infravermelha e ultravioleta são colocadas ao lado da estrada, com seus feixes direcionados transversalmente a via, na altura do tubo de escape do veículo ou na coluna de exaustão. A luz é refletida de volta por um espelho localizado no outro lado da estrada e focado em um detector. A atenuação medida da luz é diretamente proporcional à concentração de certos poluentes na atmosfera. A segunda unidade mede a velocidade e a aceleração do veículo um pouco a montante da medição das emissões. Isso por que, velocidade e aceleração fornecem uma medida para a carga do motor do veículo, convencionalmente expressa como potência específica do veículo (JIMENEZ-PALACIOS, 1998). Essa carga está associada à taxa de emissão instantânea. Já a terceira unidade, uma câmera, grava os dados da placa do veículo. Assim, os dados

técnicos do veículo podem ser acessados posteriormente a partir do banco de dados de registro do veículo (ICCT, 2018).

Essas três unidades combinadas fornecem a taxa de emissão, em gramas de poluente por quilograma de combustível consumido em uma determinada carga do motor, para um veículo cujas características técnicas são conhecidas nos dados de registro do veículo (ICCT, 2018).

No segundo esquema (Figura 2), a luz do laser é espalhada de volta a partir de uma faixa refletora instalada na superfície da estrada. O raio laser varre toda a largura da estrada. Assim, a pluma de exaustão é capturada em sua totalidade e todas as moléculas na pluma podem ser medidas (Patente US No. 8.654.335 B2, 2014). A atenuação medida da luz do laser é proporcional à concentração de poluentes. Mas, ainda se faz necessário a medição da velocidade e o registro da placa do veículo, além do monitoramento das condições ambientais (ICCT, 2018).

Em ambas as formas de SR, o veículo ao passar pelo feixe do equipamento tem uma concentração medida ( $C_m$ ), porém está traz consigo as concentrações presentes no ar ambiente, denominada concentrações de fundo ( $C_f$ ), que precisam ser subtraídas do valor medido, para que se possa conhecer as concentrações emitidas somente pelo veículo ( $C_e$ ), alvo da inspeção (Equação 1).

$$C_e = C_m - C_f \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$C_e$  = concentração emitida pelo veículo

$C_m$  = concentração medida

$C_f$  = concentração de fundo

Os atuais instrumentos de sensoriamento remoto conseguem determinar monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), bem como a opacidade. Já o instrumento EDAR é capaz de determinar esses mesmos poluentes com uma precisão muito maior, além de medir vários hidrocarbonetos específicos, tais como metano (CH<sub>4</sub>) e etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) (ROPKINS et al., 2017).

A aplicação do sensoriamento remoto do veículo tem algumas poucas limitações, por exemplo, as emissões durante a marcha lenta e a desaceleração não são capturadas. Assim como, as medidas são mais difíceis de ser tomadas quando chove ou em uma superfície molhada (ICCT, 2018).

## 5 PROPOSTA DE CONTROLE DE EMISSÕES ON-ROAD NO BRASIL

Os caminhões são veículos que circulam por todo território nacional realizando transporte de cargas. Esse comportamento é bastante diferente dos demais veículos, que geralmente circulam dentro de uma região delimitada, como por exemplo, dentro das metrópoles. Portanto, para que fosse efetivo o controle das emissões sobre esses veículos, todos os estados da federação deveriam ter implantado o Programa de I/M, o que até hoje não aconteceu. Logo, uma maneira de realizar o controle sobre estes é realizando a inspeção do veículo no momento em que este passa pelas barreiras de pesagem do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que ficam ao longo das rodovias federais, pois estes veículos, em função da sua atividade e do seu grau de poluição, que compromete o meio ambiente e a saúde da população, deveria ser controlado pelo governo federal e não somente pelos governos estaduais, que não conseguem implantar o Programa de I/M, o qual já é previsto desde 1986 pela Resolução CONAMA nº 18.

Essa inspeção permite a real avaliação das emissões de cada veículo em atividade, pois este se encontraria, possivelmente, carregado e com as condições reais de manutenção. Logo, em cada balança, se instalaria um SR do tipo EDAR, que monitorariam as emissões dos caminhões ao passar pela balança. Se estes ultrapassarem os limites de emissão estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 418/09 (Tabela 2), estes serão multados por conduzir veículo em mau estado de conservação, comprometendo a segurança, ou reprovado na avaliação de inspeção de segurança e de emissão de poluentes e ruído, conforme preconizado no artigo 230 da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que instituí o código de trânsito brasileiro (CTB).

Tabela 2 – Limites legais de emissão de veículos a diesel em uso

<b>Ano de fabricação</b>	<b>Limite de Opacidade (m<sup>-1</sup>)</b>
Antes de 1996 N.A. /L.D.A.	1,7
Antes de 1996 Turboalimentado	2,1
1996 -1999	2,1
2000 em diante	1,7

Fonte: CONAMA, 2009

Para implementação do SR não é necessário fazer grandes mudanças estruturais nas barreiras de pesagem (Figura 2). Este teste é simples e de baixo custo, em relação ao número de inspeção que são realizados (ICCT, 2018). Além disso, não precisa de profissionais especializados nestas barreiras para esta finalidade, pois os sensores atuam integrados a rede de computadores e um software, que registre as concentrações e a compare com os valores legais (Tabela 2) indicaram se cabe ou não multa ao veículo inspecionado, não necessitando de intervenção humana neste procedimento (ICCT, 2018).

Devido a variedade de tipos de caminhões, assim como posicionamento dos tubos de escapamento, o ideal é a aplicação do SR descendente, ou seja, o EDAR. A configuração aérea com feixe de varredura captura os poluentes da pluma de exaustão na sua totalidade independentemente da localização exata do tubo de escape (ICCT, 2018). Logo, a geometria exata do tubo de escape não é relevante para o instrumento EDAR. Portanto, essa configuração é uma melhoria na facilidade de uso e, portanto, na captura prática da frota (KISHAN, 2017). Além disso, estudos recentes mostram que o instrumento EDAR tem uma precisão muito alta para medir as concentrações de poluente (ROPKINS et al., 2017).

Na Resolução CONAMA nº 418/2009 só prevê a inspeção da opacidade, mas o ideal era também estabelecer limites de emissão de CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, pois os veículos pesados são forte emissores desses poluentes (BRASIL, 2013; VENTURA et al., 2016a) e o instrumento EDAR tem sensibilidade analítica capaz de medir baixas concentrações desses gases.

Porém, caberá ao governo federal à realização de manutenções e calibrações dos sensores, tal como é realizado nos radares de velocidade ao longo das vias. A fim de dar confiabilidade metrológica aos resultados.

Como o acúmulo de multas de trânsito podem inviabilizar o tráfego destes veículos nas rodovias, os caminhoneiros ou as empresas detentoras destes caminhões passarão a realizar a manutenção preventiva periódica destes veículos, controlando assim as emissões de poluentes atmosféricos, a fim de viabilizar a sua livre circulação.

## 6 CONCLUSÃO

Se ao menos os caminhões, que são movidos a diesel, fossem controlados por sensoriamento remoto pelo governo federal ao circularem nas rodovias, a contribuição destes maiores emissores de poluentes atmosféricos seria reduzida, sem que houvesse grandes investimentos de recursos financeiros para a implantação do sensoriamento remoto. Além disso, parte deste investimento seria recuperado com menos gastos com saúde pública, uma vez que os poluentes atmosféricos são grandes vilões das internações por problemas respiratórios.

Além disso, a adoção do sensoriamento deveria estar prevista no PROCONVE, pois ele é um instrumento de controle da poluição veicular que visa melhorar a qualidade do ar ambiente, conforme prever o Programa Nacional da Qualidade do Ar, além de permitir conhecer os fatores de emissão mais representativos para os caminhões, pois conhecerá o estado real de manutenção dos veículos em uso.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei Federal nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, 25 set. 1997. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/leis/L9503.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/L9503.htm)>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários (ano-base 2012). Brasília:MMA, 2013. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdmx/~edisp/inea0031540.pdf>> >. Acesso em: 23 fev. 2019.

BRASIL. Estados se preparam para fazer a inspeção veicular ambiental. Brasília: MMA, 2018. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/informma/item/6900-estados-se-preparam-para-fazer-a-inspecao-veicular-ambiental>>. Acesso em: 03 fev. 2019.

BRITO, J.; WURM, F.; YÁÑEZ-SERRANO, A. M.; DE ASSUNÇÃO, J. V.; GODOY, J. M.; ARTAXO, P. Vehicular Emission Ratios of VOCs in a Megacity Impacted by Extensive Ethanol Use: Results of Ambient Measurements in São Paulo, Brazil. *Environmental Science & Technology*, v. 49, p. 11381-11387, 2015.

CARDINALE, F., BRANCO, G. M. Importância da Inspeção Veicular: O Caso da Cidade de São Paulo. In: 13º Encontro Técnico de Alto Nível: Contaminação Atmosférica e Desafios das Megacidades. 21 e 22 de Julho de 2016, São Paulo, Brasil. Disponível em <<https://slideplayer.com.br/slide/11445319/>>. Acesso em 12 Jul. 2019.

CAS. CLEAN AIR ASIA. Status Paper on Vehicle Inspection and Maintenance (I/M) Program in Nepal, 2013. Disponível em <[https://cleanairasia.org/wp-content/uploads/portal/files/Status\\_Paper\\_on\\_Vehicle\\_I\\_M\\_Program\\_in\\_Nepal.pdf](https://cleanairasia.org/wp-content/uploads/portal/files/Status_Paper_on_Vehicle_I_M_Program_in_Nepal.pdf)>. Acesso em 09 nov. 2019.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Emissões veiculares no estado de São Paulo 2017. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2019/02/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares-2017.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Disponível em <<http://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Resolu%C3%A7%C3%A3o-Conama-n%C2%BA-18-de-1986.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 05, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=81>>. Acesso: em 12 dez. 2018.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 418, de 25 de novembro de 2009. Dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso. Disponível em

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=618>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

CONEMA. CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONEMA N° 70 de 19 de janeiro de 2016. Estabelece os limites de emissão veicular a serem aplicados nos programas de controle da poluição veicular implantados no Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Rio de Janeiro, 19 jan 2016.

GOYAL, P.; JAISWAL, N.; KUMAR, A.; DADOO, J.K.; DWARAKANATH, M. Air quality impact assessment of NOx and PM due to diesel vehicles in Delh. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v.15, n.5, p.298-303, 2010.

GIONGO, AIRTON. Desafios para a Implantação do Teste *Real Drive Emissions* na Realidade Brasileira (Mestrado em Engenharia de Transportes). Programas de Pós-graduação de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/ COPPE), Rio de Janeiro, 2019.

ICCT. INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION. Remote Sensing of Motor Vehicle Exhaust Emissions, 2018. Disponível em <[https://theicct.org/sites/default/files/publications/Remote-sensing-emissions\\_ICCT-White-Paper\\_01022018\\_vF\\_rev.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/Remote-sensing-emissions_ICCT-White-Paper_01022018_vF_rev.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2019.

INEA. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Inventário de emissões de fontes rodoviárias da Região Metropolitana do Rio de Janeiro – ano base 2013. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter/documents/document/zwew/mti3/~edisp/inea0127421.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

JIMENEZ-PALACIOS, J. L. Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing (Doutorado em Engenharia Mecânica). Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), Cambridge, 1998. Disponível em <[http://zanran\\_storage.s3.amazonaws.com/cires.colorado.edu/ContentPages/81873500.pdf](http://zanran_storage.s3.amazonaws.com/cires.colorado.edu/ContentPages/81873500.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2019.

KISHAN, S. Evaluation of the Heat's On-Road Infrared Laser RSD For Exhaust Emissions Measure. In: 7th International PEMS Conference. 31 de março de 2017, Riverside, Califórnia, Estados Unidos.

MARTINS, E. M.; MEIRELES, A. R.; MAGALHAES, F. R.; CARVALHO, J. B. B.; RIBEIRO, M. M. Concentrações de poluentes atmosféricos no Rio de Janeiro em relação a normas nacionais e internacionais. Revista Internacional de Ciências, v. 07, n.1, p. 32 – 48, 2017.

BERG, M.; JAAKKOLA, M. S.; WOODWARD, A.; PERUGA, A.; PRÜSSUSTÜN, A. (2011). Worldwide burden of disease from exposure to second-hand smoke: a retrospective analysis of data from 192 countries. The Lancet v. 377 n. 9760 p.139-146. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61388-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61388-8)

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Global health risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Genebra, 2009. Disponível em [https://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/GlobalHealthRisks\\_report\\_full.pdf](https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf). Acesso em: 31 jul. 2019.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Ambient air pollution - a major threat to health and climat. Genebra, 2018. Disponível em <<https://www.who.int/airpollution/ambient/en/>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

PACHECO, M. T.; PARMIGIANI, M. M. M.; ANDRADE, M. F.; MORAWSKA, L.; KUMAR, P. A review of emissions and concentrations of particulate matter in the three major metropolitan areas of Brazil. Journal of Transport & Health v. 4, p. 53–72, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jth.2017.01.008>

ROPKINS, K.; DEFRIES, T. H.; POPE, F.; GREEN, D. C.; KEMPER, J.; KISHAN, S.; FULLER, G. W.; LI, H.; SIDEBOTTOM, J.; CRILLEY, L. R.; KRAMER, L.; BLOSS, W. J.; HAGER, J. S. Evaluation of EDAR Vehicle Emissions Remote Sensing Technology. Science of The Total Environment v. 609, p.1464–1474, 2017. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.07.137.

SEA. SECRETARIA DO ESTADO DE AMBIENTE. Inventário de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em <<https://docplayer.com.br/14408363-Inventario-de-emissoes->

[atmosfericas-por-veiculos-automotores-do-estado-do-rio-de-janeiro.html](#)]. Acesso em: 12 mar. 2019.

SEA. SECRETARIA DO ESTADO DE AMBIENTE. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro – 2015. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <[http://www.rj.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=5eb60cf8-47ef-4d7a-9bb0-4f097ea7dadd&groupId=132946](http://www.rj.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=5eb60cf8-47ef-4d7a-9bb0-4f097ea7dadd&groupId=132946)>. Acesso em: 12 mar. 2019.

US EPA. US. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Clean Cars for Clean Air: Inspection and Maintenance Programs. Fact Sheet OMS-14. EPA 400-F-92-016, 1993.

US EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. User Guide and Description For Interim Remote Sensing Program Credit Utility. EPA/AA/AMD/EIG/96-01, 1996.

US EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidance on Use of Remote Sensing for Evaluation of I/M Program Performance. EPA420-B-02-001, 2002.

VENTURA, L. M. B.; LOPES, J. S. Evolução dos inventários de emissões veiculares da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Revista Ineana, v.4, p. 64-83, 2016a.

VENTURA, L. M. B.; ALECRIM, F. B.; PINTO, F. O. PROCON Fumaça Preta: avanços do programa no Estado do Rio de Janeiro. Revista Ineana, v.4, p. 48-63, 2016b.

VENTURA, L. M. B.; SOARES, L. M.; LOPES, J. S. Evolução da política do controle da poluição veicular nos últimos 30 anos. Ed.: Appris. Curitiba, 2019.

VENTURA, L. M. B. Selo Verde no Setor de Transporte de Passageiros no Rio de Janeiro. Revista dos Transportes Públicos, v.153, p. 93-104, 2019.

VENTURA, L. M. B.; OLIVEIRA, F. P.; GIODA, A.; D'AGOSTO, M. O. Inspection and Maintenance Programs for In-Service Vehicles: An Important Air Pollution Control Tool. Sustainable Cities and Society, v. 53. p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101956>.