**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores
rodoviários nos municípios paulistas e sua relação com a saúde**

Kellen Rocha de Souza

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2017**

Kellen Rocha de Souza
Bacharel em Ciências Econômicas

**Estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários
nos municípios paulistas e sua relação com a saúde**
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.

Orientadora:
Profa. Dra. **SÍLVIA HELENA GALVÃO DE MIRANDA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Souza, Kellen Rocha de

Estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas e sua relação com a saúde / Kellen Rocha de Souza.. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

180p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Poluição atmosférica 2. Externalidade 3. Saúde 4. Veículo I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Adilson e Lúcia,
base e inspiração de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Para a realização de um doutorado quatro anos, apesar de ser um tempo expressivo em nossas vidas, parecem passar tão rápido que nos faz pensar que é muito pouco. Em quatro anos, no entanto, muitas pessoas entram e saem de nossas vidas, algumas nos acompanham desde longa data, outras, de tão próximas que ficam, nos acolhem e são acolhidas como membros da família. Assim, ao escrever uma seção de agradecimentos sempre se corre o risco de esquecer de mencionar as pessoas que estiveram presentes durante estes últimos quatro e transformadores anos. Mesmo assim assumo o risco.

Primeiramente agradeço à CAPES pelo financiamento da presente pesquisa pois sem o suporte financeiro a realização da pós-graduação se tornaria inviável para milhares de estudantes. Em se tratando também do apoio à realização da pesquisa, agradeço também à UNIFAL, universidade onde trabalho, pelo afastamento a mim concedido para a finalização da presente tese.

De maneira alguma posso deixar de agradecer à minha orientadora, professora Dra. Sílvia, pela paciência, orientação, convivência e aprendizado a mim legados. Mais do que uma orientadora, sempre a tive como uma amiga a quem sempre podia recorrer.

Para a realização desta pesquisa também devo um agradecimento especial ao engenheiro Marcelo Pereira Bales e a analista Silmara Regina da Silva, ambos da CETESB, que sempre muito prestativamente e prontamente respondiam às minhas dúvidas quanto à metodologia empregada pela CETESB. Assim, sem a ajuda deles eu teria demorado muito mais tempo do que levei para estimar as emissões.

À minha família e meu namorado, Rodolfo, pelo grande apoio quando tudo parecia dar errado, por proporcionarem os momentos mais felizes destes quatro anos e por sempre acreditarem em mim independente do que acontecesse.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Economia Aplicada da ESALQ/USP pela convivência, carinho e aprendizado. Aos amigos da pós-graduação pela companhia, pela troca de conhecimentos e principalmente pelos momentos de risadas, em especial aos grandes amigos Anieli Fagundes Carrara, Nathalia Sbarai e Leandro Carvalho.

Meu muito obrigado também para as secretárias da pós-graduação da Economia, Maielli e Aline. Acredite, sem vocês a vida dos mestrandos e doutorandos da ESALQ/USP não seria nada fácil. Assim meu muito obrigado pelo carinho e pela paciência em todos os momentos.

Às professoras Dras. Luciana Togeiro de Almeida, Adriana Ferreira Silva e Lilian Maluf de Lima pelas valiosas contribuições à tese na qualificação.

À professora Dra. Juliana Souza Scriptore, amiga da UNIFAL, pela disposição e ajuda em minha pesquisa quando minhas forças já estavam se exaurindo e por indiretamente, ter me inspirado para pesquisas futuras. E a todos os professores do ICSA/UNIFAL pelas conversas descontraídas, inspiradoras e divertidas e também pela rica troca de informações.

Por fim, agradeço a você, leitor, que parou para ler estes agradecimentos. Espero que aproveite a leitura e que esta lhe proporcione conhecimento, alguma ajuda em sua própria pesquisa ou simples distração.

EPÍGRAFE

"Quem acredita que
um crescimento infinito
é possível em um mundo finito
ou é louco ou é economista."

Kenneth Boulding

"Se a terra tiver que perder
a maior parte de sua beleza pelos danos provocados
por um crescimento ilimitado da riqueza e da população [...],
então, pelo bem da posteridade, desejo sinceramente
que nos contentemos em ficar onde estamos nas condições atuais,
antes que sejamos obrigados a fazê-lo por necessidade."

John Stuart Mill

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
1 INTRODUÇÃO.....	15
OBJETIVOS.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Relação entre a Economia e a geração dos impactos das atividades antrópicas.....	21
2.2 As atividades econômicas e a geração de externalidades	25
2.3 Poluição atmosférica e sua classificação.....	35
2.4 Frota de veículos automotores rodoviários no Brasil.....	38
2.4.1 Frota de veículos automotores rodoviários no estado de São Paulo	48
2.5 Uso de novas tecnologias: os veículos elétricos e híbridos.....	59
2.6 Emissões de gases poluentes e outros impactos gerados pelos veículos automotores rodoviários.....	68
2.7 Legislação no Brasil: iniciativa para conter as emissões de gases poluentes	80
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	91
3.1 Metodologia das estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários.....	91
3.2 Dados.....	100
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
REFERÊNCIAS	143
ANEXOS.....	153

RESUMO

Estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas e sua relação com a saúde

Ainda que a invenção do automóvel tenha gerado diversos benefícios para a sociedade, atualmente, podem ser identificadas várias externalidades negativas associadas ao seu consumo, como congestionamentos, poluição sonora, visual e atmosférica, e, geração de resíduos sólidos. No que se refere às emissões de gases poluentes, foco deste estudo, as repercussões são visivelmente imediatas na saúde da população, principalmente no aumento de problemas respiratórios. Assim, dado o crescente aumento da frota de veículos e o fato de, em 2014, 33,40% da frota nacional de autoveículos (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) e 21,44% das motocicletas estarem concentradas no estado de São Paulo, a presente pesquisa objetiva mensurar as emissões de gases poluentes de escapamento, por veículos automotores rodoviários nos 645 municípios paulistas, para o período de 2006 a 2015. A metodologia adotada neste estudo é a mesma utilizada pela CETESB e consiste numa abordagem do tipo *bottom-up*. Nessa abordagem, além da quantidade consumida de combustíveis, também no cálculo das estimativas empregam-se o fator de emissão segundo o tipo de veículo, de poluente e de combustível utilizado, a intensidade de uso ou quilometragem média percorrida anualmente por tipo de veículo e a quantidade da frota circulante, segundo sua idade e categoria de veículo. Os gases poluentes estimados foram os seguintes: monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), hidrocarbonetos não-metano (NMHC), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NO_x), aldeídos totais – acetaldeído + formaldeído (RCHO), dióxido de carbono (CO₂) e material particulado (MP). A análise destas estimativas foi do tipo descritiva, incluindo também a construção de mapas para melhor identificação das cidades mais emissoras. Na sequência, busca-se relacionar estas emissões com a saúde da população, via análise do número de internações hospitalares devido a problemas respiratórios. Ainda que as emissões estejam concentradas na região conhecida como macrometrópole paulista, três municípios não pertencentes a ela apresentaram altas emissões, dependendo do tipo de gás considerado, a saber, São José do Rio Preto, Bauru e Franca. Tanto na cidade de São Paulo, maior emissora de gases poluentes do estado, como nas demais, ainda se observa uma contribuição expressiva dos veículos com mais de 20 anos para as emissões veiculares totais de monóxido de carbono. Assim, pode-se concluir que uma política de renovação da frota pode reduzir substancialmente tais emissões. Na cidade de São Paulo, em 2015, estes veículos foram responsáveis por 41,5% das emissões de CO, mesmo representando tão somente 6,96% do total da frota de veículos. A partir da vasta e detalhada fonte de dados gerada nesta pesquisa outros estudos podem ser realizados ensejando a implementação de políticas referentes à mobilidade urbana. No que se refere à relação destas emissões com a saúde da população, observando os dados de internações hospitalares por problemas respiratórios nos municípios paulistas, não foi possível estabelecer uma relação direta. O uso de outros métodos para aprofundar o exame dessa questão é particularmente recomendável tendo em vista que diversos outros fatores podem influenciar essas internações, tais como emissões de outras fontes que não as veiculares, clima, assistência médica preventiva, entre outros.

Palavras-chave: Poluição atmosférica; Externalidade; Saúde; Veículo

ABSTRACT

Estimates of emissions of polluting gases by motor vehicles in the municipalities of São Paulo and their relationship with health

Although the invention of the automobile has generated several benefits for society, several negative externalities associated with its consumption, such as congestion, noise, visual and atmospheric pollution, and solid waste generation can be identified. Regarding the emission of pollutant gases, which consists on the focus of this study, its consequences are immediately noticeable in the health of the population, mainly the increase of respiratory problems. Thus, given the growing fleet of vehicles, and that 33.40% of the national fleet of motor vehicles (automobiles, light commercial vehicles, trucks and buses) and 21.44% of the motorcycles were concentrated in São Paulo state, in 2014, this research aims to measure emissions of pollutant gases by road vehicles, for the 645 municipalities of this state, between 2006 and 2015. The methodology applied is the same used by CETESB and consists of a bottom-up approach. In addition to the volume of fuel consumed, we also consider the emission factor according to the vehicle category, the pollutant emitted and the type of fuel consumed, the intensity of use or average mileage traveled by each vehicle category and the total active fleet, categorized by its age and type of vehicle. The gaseous pollutants estimated were carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), non-methane hydrocarbons (NMHC), methane (CH₄), nitrogen oxides (NO_x), total aldehydes - acetaldehyde + formaldehyde (RCHO), Carbon dioxide (CO₂) and particulate matter (PM). We conducted a descriptive analysis of these estimates, also including the construction of maps for better identification of the major emitting cities. The aim is to relate these emissions to the population's health, by analyzing the number of hospital admissions due to respiratory problems. Although emissions are concentrated in the region known as São Paulo metropolitan area, three outside municipalities also presented high emissions for some of the examined gases, namely São José do Rio Preto, Bauru and Franca. In São Paulo city, the largest emitter in the state, as in those cities just listed, an expressive contribution of vehicles older than 20 years was found in the total vehicular emissions of carbon monoxide. Therefore we conclude that a policy of fleet's renewal can substantially reduce such emissions. In the city of São Paulo, in 2015, these vehicles accounted for 41.5% of CO emissions, although they represent only 6.96% of the total fleet of vehicles. In addition, the vast and detailed data source generated by this research allows carrying out other studies focusing on the implementation of policies related to urban mobility. Regarding the relation between emissions and the population health, we could not establish a direct causality only by examining the data of hospitalizations due to respiratory problems in the São Paulo's municipalities. The use of other methods to deepen the analysis is particularly advisable for this issue in view of the fact that several other factors can influence hospitalizations for respiratory problems, such as emissions from other sources than vehicles, weather, and preventive medical care, among others.

Keywords: Atmospheric pollution; Externalities; Health; Vehicles

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Impacto da introdução de um imposto na presença de externalidade negativa	29
Figura 2 - Impacto da aplicação de um subsídio na presença de externalidade positiva	30
Figura 3 – Princípio Poluidor Pagador no contexto de uma política custo-efetiva de combate à poluição	32
Figura 4 – Princípio Poluidor Pagador no contexto de uma política baseada na Análise Custo Benefício	34
Figura 5 - Frota estimada de veículos automotores segundo o tipo de veículo, em percentagem (%) – Brasil – 2012	39
Figura 6 - Frota estimada de veículos automotores rodoviários por tipo e número de habitantes por veículo no Brasil – 1980 a 2012	40
Figura 7 - Número de habitantes por veículo e por tipo de veículo no Brasil – 1980 a 2012 .	41
Figura 8 - Distribuição percentual da frota estimada de autoveículos no Brasil por unidade da Federação – 2014	42
Figura 9 - Distribuição percentual da frota de motocicletas e veículos similares no Brasil por unidade da Federação – 2014	42
Figura 10- Evolução percentual dos emplacamentos de automóveis no Brasil por subsegmentos – 2012 a abril/2017	46
Figura 11 - Estimativa da frota circulante de veículos automotores rodoviários por tipo e número de habitantes por veículo no estado de São Paulo – 2006 a 2015.....	49
Figura 12 – Regiões que compõem a macrometrópole paulista	52
Figura 13 – Relação habitantes por veículos nos municípios paulistas em 2015	54
Figura 14 - Divisão modal do transporte motorizado na região metropolitana de São Paulo de 1967 a 2012	57
Figura 15 - Viagens diárias por modo e renda familiar mensal ¹ na região metropolitana de São Paulo em 2012 (%).....	58
Figura 16 - Emissões evaporativas de combustível durante o processo de abastecimento do veículo	69
Figura 17 - Estimativas de emissões de hidrocarbonetos não metano (NMHC) de veículos e de abastecimento na macrometrópole paulista – Brasil (2006-2030)	70
Figura 18 - Evolução das emissões veiculares no estado de São Paulo – 2006 a 2015	71
Figura 19 - Participação percentual da emissão em função da idade do veículo automotor e da fase do PROCONVE no estado de São Paulo em 2015	72

Figura 20 – Classificação das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ em estações de monitoramento selecionadas da região metropolitana de São Paulo, baixada santista e interior em 2015	87
Figura 21 – Apresentação esquemática do tamanho das frotas definidas pela CETESB.....	97
Figura 22 – Idade média da frota de veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015.....	102
Figura 23 – Idade média da frota de automóveis nos municípios paulistas em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015.....	103
Figura 24 - Idade média da frota de comerciais leves nos municípios paulistas em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015.....	104
Figura 25 - Idade média da frota de caminhões nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015.....	105
Figura 26 – Idade média da frota de ônibus nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015.	106
Figura 27 - Idade média da frota de motocicletas e veículos similares nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015.....	107
Figura 28- Idade média da frota de veículos automotores rodoviários no estado de São Paulo, por categoria, de 2006 a 2015	108
Figura 29 – Número de ônibus ¹ por mil habitantes dos municípios paulistas nos anos de 2006 a 2015.....	119
Figura 30 - Relação número de ônibus ¹ por mil habitantes dos municípios paulistas no ano de 2015	119
Figura 31 – Emissões veiculares de monóxido de carbono (CO) na cidade de São Paulo, por tipo de combustível em 2015 (em toneladas)	122
Figura 32 – Participação das emissões de CO da frota de veículos com mais de 20 anos no total das emissões veiculares de CO nos municípios paulistas – 2015 (%).....	124
Figura 33 – Número de internações hospitalares por doenças respiratórias por mil habitantes, nos municípios paulistas, em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorias de instrumentos de mercado.....	28
Tabela 2 – Classificação dos veículos por tipo e por subsegmento	44
Tabela 3 - Dados da frota circulante estimada para o estado de São Paulo em 2015	50
Tabela 4 - Frota circulante estimada, população e relação habitantes por frota no estado de São Paulo, por região, em 2015.....	51
Tabela 5 – Os 15 municípios paulistas com a maior frota circulante estimada de veículos automotores rodoviários – 2015	53
Tabela 6 – Os 15 municípios paulistas com a menor relação habitantes por veículo automotores rodoviários e variáveis selecionadas – 2015	55
Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos combustíveis limpos alternativos	62
Tabela 8 - Participação das vendas de veículos elétricos e híbridos sobre as vendas de veículos leves em regiões selecionadas	63
Tabela 9 - Veículos híbridos e elétricos disponíveis no Brasil	64
Tabela 10 - Incentivos estaduais a veículos elétricos no Brasil	67
Tabela 11 - Descrição dos principais gases poluentes, suas fontes e efeitos	73
Tabela 12 - Impactos do setor de transportes na sustentabilidade	76
Tabela 13 - Impurezas no alumínio e os principais impactos na qualidade após a reciclagem	78
Tabela 14 - Implantação, características e inovações tecnológicas de cada uma das fases do PROMOT e PROCONVE – Categorias: veículos leves (L), veículos pesados (P) e motocicletas e veículos similares (M).....	81
Tabela 15 – Padrões estaduais de qualidade do ar no estado de São Paulo (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013).....	85
Tabela 16 – Padrões de qualidade do ar determinados pela OMS, Decreto paulista (2013) e CONAMA (1990) em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	86
Tabela 17 – Níveis críticos de qualidade do ar propostos para avaliação em saúde e pela CETESB	86
Tabela 18 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na região metropolitana de São Paulo.....	88
Tabela 19 – Dados para o cálculo das emissões de gases poluentes de escapamento por veículos automotores para municípios do estado de São Paulo	100
Tabela 20 – Estatística descritiva das estimativas de emissões veiculares por tipo de gás poluente em 2006 e 2015	112

Tabela 21 – Características da frota circulante de veículos e das emissões veiculares de CO nos municípios de Bauru, Franca e São José do Rio Preto em 2015	118
Tabela 22 – Participação percentual no total das emissões veiculares de monóxido de carbono (CO), por tipo de veículo, no município de São Paulo – 2006 a 2015	121
Tabela 23 – Participação dos veículos com mais de 20 anos no total das emissões veiculares de CO das cidades de São Paulo e Embaúba - 2015 (em %).....	122
Tabela 24 - Participação das emissões de CO da frota de veículos com mais de 20 anos no total das emissões veiculares de CO, por tipo de veículo – 2015 (%).....	126
Tabela 25 – Os 20 municípios com as maiores participações percentuais de emissões de veículos com mais de 20 anos no total de emissões de CO dos automóveis e outras variáveis- 2015.....	128
Tabela 26 – Indicadores de população, setor produtivo e profissionais de saúde para os municípios paulistas com os maiores números de internações por doenças respiratórias por mil habitantes – 2014 e 2015	131

1 INTRODUÇÃO

Diferentemente do que se observa nos países desenvolvidos, onde a maior parte das emissões de gases de efeito estufa¹ (GEE) é proveniente do uso energético de combustíveis fósseis, no Brasil, historicamente, outras fontes têm sido importantes. No caso das emissões de dióxido de carbono (CO₂), por exemplo, a principal fonte no Brasil foi, em 2005, proveniente do uso da terra, mudança do uso da terra e florestas, 83,4% das emissões líquidas totais de CO₂, principalmente da conversão de florestas para o uso de atividades agropecuárias. Nos últimos anos, no entanto, as emissões provenientes desta fonte reduziram drasticamente, passando a representar 42% das emissões líquidas totais de CO₂ do país em 2010, o que, por conseguinte fez com o que o setor de energia, que compreende as emissões por queima de combustíveis e emissões fugitivas², se tornasse o maior responsável pelas emissões deste gás em 2010, com 47% do total, dentre os quais 20,5% provenientes do transporte rodoviário (MCT, 2016).

No que se referem às emissões de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) no Brasil, em 2010, as principais fontes foram, respectivamente, fermentação entérica (rebanho bovino) com participação de 66,9% do total e manejo de dejetos de animais em pastagem, com 50,4%. A queima de combustíveis do subsetor transporte respondeu por 0,4% do total de emissões de metano no Brasil, em 2010, sendo que este subsetor foi o principal responsável pelas emissões de óxido nitroso do setor de energia, que contribuiu com 5,7% do total das emissões de N₂O do país, segundo estimativas presentes na Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2016).

Nos grandes centros urbanos, no entanto, as emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários (automóveis, comerciais leves, motocicletas, caminhões e ônibus) se destacam. De acordo com Carvalho (2011) o transporte tanto de pessoas quanto de mercadorias sempre esteve associado à geração de algum tipo de poluição, seja atmosférica (resíduos emitidos no ar pelos veículos), sonora (ruídos gerados pelos veículos) ou pela intrusão visual (degradação da paisagem urbana). Vale ressaltar que mesmo quando se

¹ De acordo com CETESB (2016, p.40), os gases de efeito estufa “não causam prejuízos significativos à saúde nos níveis ambientais encontrados, mas contribuem para o fenômeno do aquecimento global. O principal deles é o CO₂”.

² Segundo documento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2016, p.42) “As emissões fugitivas incluem a queima de gás nas tochas de plataformas e refinarias e a combustão espontânea de carvão em depósitos e pilhas de rejeito”.

utilizava, nos centros urbanos, o transporte com a tração animal, havia o despejo de dejetos animais nas vias, o que consequentemente gerava tanto sujeira quanto mau cheiro.

Segundo Toledo e Nardocci (2011), até a década de 1980, a principal fonte de emissões de poluentes no ar nas capitais brasileiras eram as indústrias. Com a migração destas para o interior das cidades na década seguinte, os veículos automotores passaram a ser os principais responsáveis pela poluição do ar nos conglomerados urbanos.

A despeito do decréscimo dos fatores de emissão de gases poluentes dos veículos novos e dos ganhos atingidos pelos avanços tecnológicos, outras variáveis, como o aumento da frota de veículos, o congestionamento das vias e a utilização do diesel no transporte público, fazem com que os impactos sociais e ambientais ainda sejam expressivos. Soma-se a este cenário a intensidade de utilização do transporte individual pela população, o que resulta em baixa eficiência de transporte já que, segundo estimativa da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2014), cada automóvel transportava apenas 1,5 passageiro em 2012.

De acordo com Castro (2013) os transportes em geral consomem em torno de 28% da energia total do Brasil; o transporte rodoviário, por sua vez, é responsável por 92% deste consumo. Além disso, o setor de transportes também responde por 51% de todos os derivados de petróleo consumidos no país, acrescenta o autor. Tais estatísticas contribuem para que o interesse em analisar e mensurar os custos sociais e econômicos gerados pelo setor de transporte cresça significativamente, como se observa nas últimas décadas.

Ademais, como as consequências das atividades antrópicas estão cada vez mais perceptíveis e mais divulgadas pela mídia, bem como devido às contribuições dessas atividades para as alterações climáticas, crescem na literatura pesquisas que mensuram os impactos e custos gerados na presença de externalidades negativas. Estas ocorrem quando a ação de um indivíduo ou firma afeta negativamente outros indivíduos ou firmas, ou seja, quando tais agentes agem considerando apenas os benefícios e custos privados e não os benefícios e custos sociais. Ao gerar um malefício à sociedade, a poluição é um exemplo clássico de externalidade negativa.

Uma das justificativas para o crescente aumento dessas pesquisas reside na percepção de que as consequências não se restringem somente ao meio ambiente, mas afetam também outras esferas, como a econômica e a social. A ausência de um funcionário em seu local de trabalho devido a problemas respiratórios provocados pela alta concentração de poluentes no ar, por exemplo, significa que além da atividade antrópica contribuir para a piora na saúde da população, também gera um custo econômico devido ao dia de trabalho perdido pelo

trabalhador doente. Ademais, para além das emissões de gases poluentes, que nos grandes centros urbanos são geradas principalmente pelos veículos automotores, outros impactos também estão associados ao uso crescente desse tipo de transporte individual, como os congestionamentos e o nível de estresse dele resultante, os acidentes de trânsito, a poluição visual e sonora etc.

No Brasil, a grande aposta do país no uso de combustíveis mais limpos está no setor sucroenergético, onde grande parte da produção de cana-de-açúcar do país é destinada à produção do etanol, combustível utilizado nos automóveis desde a década de 1970, e à geração de bionergia. Apesar de suas reconhecidas vantagens, como a menor emissão de gases de efeito estufa se comparado à gasolina, o etanol não é a fonte de combustível mais limpa existente. A aposta, via grande concentração territorial na produção, do Brasil neste combustível, apesar de sua reconhecida posição no cenário internacional em termos produtivos, segundo Abramovay (2011), pode não fazer sentido caso o motor elétrico ganhe eficiência e substitua definitivamente o motor a explosão interna. Neste aspecto, enquanto o Brasil está investindo em um combustível desenvolvido para o uso em motores explosão interna, a indústria automobilística mundial dá sinais de que o caminho de transição, na área de transportes, para uma economia de baixo carbono parece ser com carros movidos a eletricidade, complementa Abramovay (2011).

Mesmo produzindo um combustível que emite menos gases poluentes se comparado aos outros, é importante enfatizar que a produção de cana-de-açúcar implica em impactos ambientais e sociais, seja no plantio com maior uso de defensivos agrícolas e/ou pela possível necessidade de expansão da área cultivada, ou na fase de colheita com condições de trabalho degradantes e emissões de gases poluentes devido à queima da palha da cana. Essas práticas, infelizmente, ainda estão presentes em algumas regiões brasileiras.

A verificação dos impactos gerados pelo uso dos veículos automotores mesmo com o emprego crescente do etanol como fonte energética, portanto, contribui para que a indústria automobilística seja cada vez mais pressionada a investir em tecnologias limpas e/ou em alternativas que diminuam o consumo de combustível pelos veículos, tais como a diminuição de seu peso, o que segundo Abramovay (2012) e Hawken *et al.* (2007) não vem ocorrendo. Para esses autores, a indústria automobilística é ineficiente e desde meados da década de 1990 tornou-se “moribunda” e isto porque apesar de sua longa existência não implementou inovações que se reflitam na economia de combustíveis e de materiais, por exemplo.

No que se refere à legislação brasileira sobre o controle das emissões de poluentes por veículos automotores destacam-se o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos

Automotores (PROCONVE) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), instituídos, respectivamente, em 1986 e 2002. A partir da imposição de limites de emissões aos fabricantes de veículos, são estes programas que contribuíram para o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis e de motores e autopeças, e, portanto, para a queda nos níveis de emissões de veículos novos.

A despeito do avanço da literatura sobre os impactos ambientais, econômicos e sociais gerados pela atividade humana, as pesquisas se concentram, principalmente no caso de veículos automotores, no estudo de macrorregiões ou regiões metropolitanas, ou seja, regiões que abrangem vários municípios que, juntos, compreendem extensos espaços urbanos. O estudo dessas regiões se justifica por serem as grandes cidades e as que estão no seu entorno aquelas que realmente concentram o maior fluxo de veículos e, em decorrência, as maiores concentrações de gases poluentes no ar. Se por um lado, os estudos de macrorregiões geram resultados com uma abrangência maior e importantes para demonstrar a relevância e necessidade de investimentos em fontes limpas de combustível, por outro, no entanto, não consideram as peculiaridades de cada município. Isto, por sua vez, dificulta a implementação de políticas públicas que visem a minimização dos impactos gerados.

No que se refere ao tema desta tese, vale ressaltar que, seja em nível de regiões metropolitanas ou de municípios, estudos mensurando os impactos provenientes do aumento da frota de veículos no país são essenciais para a orientação de políticas e ações que possibilitem a transição das sociedades de uma economia marrom, tal como a atual baseada no uso intensivo de recursos naturais, para uma economia verde, promotora do bem estar, da igualdade social e da redução da degradação ambiental³. Uma das alternativas incentivadas pelo PNUMA (2011) para viabilizar esta transição é o uso de energias renováveis.

Como o estado de São Paulo concentrou, em 2014, 33,4% de toda a frota de autoveículos (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) do Brasil, o interesse pelos impactos provocados neste estado é maior. A segunda unidade da federação com a maior frota, Minas Gerais, concentrou 10,9%, proporção que não chega nem ao dobro do observado em São Paulo, de acordo com estimativas da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2016).

³ Segundo o PNUMA (2011, p. 2) a economia verde é aquela “que resulta em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica”. Em termos mais gerais, a economia verde pode ser vista como eficiente no uso de recursos, socialmente inclusiva e de baixa emissão de carbono.

Além desta introdução, a presente tese está dividida em outras três seções. Na segunda seção há uma breve revisão histórica sobre a relação entre a Economia e a geração de distintos impactos provenientes da atividade antrópica, passando por conceitos como desenvolvimento sustentável e economia verde. Ademais, são feitas considerações sobre os gases poluentes emitidos pelos veículos automotores, descrevendo os tipos de gases, as formas pelas quais são emitidos, as tecnologias existentes, mesmo as incipientes, e os impactos gerados tanto ao meio ambiente quanto à sociedade, bem como a legislação brasileira para diminuir as emissões de gases poluentes. Na subseção seguinte é apresentada a metodologia proposta na tese para o cálculo das estimativas de emissão de gases poluentes pelos veículos automotores e para a análise destas emissões no impacto gerado à saúde das populações dos respectivos municípios emissores. Ademais, os dados empregados na presente pesquisa também estão descritos nesta seção, assim como os resultados desta pesquisa e sua discussão.

Por fim, na seção seguinte, a saber, Considerações Finais, apresentam-se os apontamentos finais, ressaltando não somente a importância de pesquisas que mensurem a quantidade de gases poluentes lançados pelas atividades antrópicas, em particular nesta pesquisa pelo uso de veículos automotores, como também os trabalhos que podem ser realizados a partir deste.

OBJETIVOS

Considerando a carência de estudos em níveis municipais, esta tese tem como objetivo principal mensurar as estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários nos municípios do estado de São Paulo. De posse destas estimativas, busca-se, num segundo plano, relacionar o lançamento destas emissões com a saúde da população residente nessas localidades, via análise dos dados de internações hospitalares por doenças respiratórias.

A partir dos dados estimados de emissões de gases poluentes é possível observar, por exemplo, geograficamente onde se concentram as maiores emissões e o quanto uma renovação da frota pode contribuir para sua diminuição, já que veículos mais novos emitem muito menos do que os antigos. Outro recorte é pela natureza do combustível usado e também se esta categorização está disponível por municípios.

Especificamente, esta pesquisa busca contribuir para o estudo das emissões veiculares de gases poluentes em nível municipal, de forma que também possibilite uma melhor análise

para a eficácia na implementação de políticas públicas em um nível administrativo menor do que o compreendido pelas regiões metropolitanas.

O principal fator considerado para se analisar a relação das emissões com a saúde em unidades administrativas menores é que realmente as características próprias de cada município, bem como a proximidade deste com regiões urbanas maiores, podem ser relevantes para justificar investimentos em áreas específicas.

Ademais, a presente pesquisa parte da hipótese de que, assim como observado para todo o estado de São Paulo em estudo de Souza e Miranda (2015), em cada município paulista também pode haver diferenças significativas entre as emissões veiculares de gases poluentes e suas respectivas frotas, ou seja, municípios com frotas pequenas apresentarem emissões superiores às de localidades maiores. Isso pode ocorrer devido aos tipos de veículos que predominam na frota total, por exemplo, veículos mais pesados, e também em decorrência da frota ser composta de veículos mais antigos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“Fizeram uma campanha publicitária para que cada família
compre dois carros: um só não basta. Será que a convencerão a comprar três?
Compram-se a prazo o carro, a casa, a geladeira, o sobretudo, os sapatos.
Uma hora, contudo, será preciso pagar a conta.”
Paul Hazard

2.1 Relação entre a Economia e a geração dos impactos das atividades antrópicas

Ainda que os recursos naturais tenham sido abordados de maneira distinta da que se analisa atualmente, de acordo com Enríquez (2010), desde os primórdios da formação da teoria econômica, os recursos naturais foram tema central na literatura. Seja na explicação da geração do excedente econômico, como na abordagem fisiocrata, seja na constatação de uma possível escassez dos recursos naturais, na visão defendida por Thomas Malthus, os recursos naturais de uma forma ou de outra sempre foram citados na teoria econômica.

Ademais, é importante ressaltar que o fator terra, por exemplo, dada sua disponibilidade limitada, já era apontado no início do século XIX, principalmente por David Ricardo, como um possível limitador do crescimento da produtividade agrícola e consequentemente do lucro. Outra preocupação com relação à possibilidade de escassez foi apontada por Stanley Jevons, da Escola Marginalista, que alertava sobre o esgotamento, em poucos anos, das reservas de carvão mineral exploradas pelo Reino Unido, o que interromperia o processo de desenvolvimento econômico até então alcançado pelos britânicos e fruto, em grande parte, do uso do carvão mineral.

Durante todo o século XIX e grande parte do XX, o advento do progresso técnico, da expansão das fronteiras geográficas, bem como a consolidação do pensamento neoclássico contribuíram para reduzir a importância dos recursos naturais no estudo econômico. A principal justificativa estava na abundância da maioria dos recursos naturais, de forma que pudessem ser considerados economicamente gratuitos e não bens econômicos ou fatores produtivos.

Assim, a partir de então, apenas alguns trabalhos sobre os recursos naturais foram produzidos, dentre os quais, destacadamente, os de Faustmann, em 1849 (*apud* ENRÍQUEZ, 2010), sobre a regra de gestão dos recursos florestais e de Hotelling (1931) sobre as regras de

uso ótimo dos recursos esgotáveis em 1931. Dada a divergência destes estudos com o pensamento econômico dominante da época, eles permaneceram esquecidos, sendo resgatados somente nos anos 1970 por fóruns como os promovidos na conferência internacional do Clube de Roma, realizada em julho de 1971, no Rio de Janeiro. Nessa conferência foram realizados amplos debates sobre os limites do crescimento econômico. Assim, de acordo com Enríquez (2010), é somente a partir desse momento que os recursos naturais são reinseridos no âmbito das discussões econômicas.

Além dos trabalhos de Faustmann e de Hotelling, o livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) de Rachel Carson, publicado em 1962, também contribuiu para a propagação da preocupação ambiental, tanto no mundo quanto no Brasil. Em sua obra, Carson demonstrou, por meio de fatos documentados, os efeitos para o homem e também para os demais seres vivos do uso de pesticidas, como o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano), nas lavouras dos EUA. Ademais, a autora acusava as indústrias químicas e o próprio governo de ocultação das informações. A repercussão da obra não ficou restrita ao meio acadêmico e mobilizou pressões sobre o governo dos EUA que, em 1972, oito anos após a morte de Carson, proibiu no país o uso do DDT por considera-lo cancerígeno.

Desde o final de década de 1960, tornaram-se populares as visões defendendo a incompatibilização entre o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente, ou seja, para os defensores dessa visão havia um *trade-off*, segundo o qual os países deveriam escolher entre se desenvolver ou preservar seus recursos naturais. Além disto, preconizava-se que se os países em desenvolvimento seguissem os mesmos rumos, em termos produtivos e de exploração de seus recursos, das nações desenvolvidas, o mundo caminharia para a catástrofe. Assim, os países que até então não tinham se desenvolvido, como o Brasil, perceberam a mensagem como uma indicação de que deveriam desistir de tal.

Trabalhos como o de Dennis e Donnella Meadows, *Limites do Crescimento*, de 1972, contribuíram para as projeções de cenários pessimistas caso os impactos das atividades antrópicas continuassem. De acordo com o estudo desses autores, se fossem mantidos os mesmos níveis, até então existentes, de industrialização, poluição, uso de recursos naturais e produção de alimentos e desconsiderando possíveis avanços tecnológicos, ou seja, sob uma condição *ceteris paribus*, em menos de cem anos atingir-se-ia o limite de crescimento do planeta (ALMEIDA, 2002).

Quando as implicações da necessidade de impor limites ao crescimento econômico dos países atingiram a esfera governamental, a Organização das Nações Unidas (ONU) convocou a Conferência de Estocolmo, realizada entre os dias 04 e 16 de junho de 1972, para

discutir o assunto. Posteriormente, em 1983, foi criada pela ONU a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, popularmente conhecida como Comissão Brundtland em homenagem à primeira ministra norueguesa, Gro Harlem Brundtland, que a presidiu.

O objetivo da comissão era a elaboração de uma “agenda global para mudança”, onde fossem discutidas propostas que possibilitassem a conciliação entre crescimento econômico e preservação do meio ambiente, com vista a não comprometer as necessidades das gerações futuras. Estavam assim, portanto, criadas as bases para o conceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991, p.46).

Além dos estudos acadêmicos sobre a compatibilização entre crescimento econômico e preservação do meio ambiente, a própria realidade vivida por muitos países despertou a necessidade das sociedades se preocuparem com os impactos gerados pelas atividades antrópicas. Entre outubro de 1984 a abril de 1987, período em que os membros da Comissão Brundtland estiveram reunidos, ou seja, em 900 dias, diversos desastres ecológicos e sociais ocorreram ao redor do mundo. Na África, a seca matou em torno de 1 milhão de pessoas e colocou em risco a vida de outras 35 milhões; na cidade de Bhopal, na Índia, 2 mil pessoas morreram e outras 200 mil ficaram cegas ou feridas devido a um vazamento numa fábrica de pesticidas; na Cidade do México, uma explosão de tanques de gás liquefeito levou a óbito mil pessoas e deixou milhares desabrigadas; e, em decorrência de um incêndio num depósito suíço, produtos químicos agrícolas, solventes e mercúrio contaminaram as águas do rio Reno, provocando a morte de milhões de peixes e também colocando em risco o abastecimento de água potável na Alemanha e na Holanda (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

Ademais, no mundo todo aproximadamente 60 milhões de pessoas morreram vítimas de doenças intestinais provocadas pela desnutrição e ingestão de água imprópria para o consumo e, a humanidade presenciou o maior acidente nuclear de sua história, na Usina Nuclear de Chernobil ou Tchernobil no território da antiga União Soviética, atual Ucrânia, em abril de 1986. A nuvem de fumaça provocada por esse acidente encobriu toda a Europa, elevando os riscos de desenvolvimento do câncer humano (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

Novo conceito surgido no âmbito da Rio-92 e elaborado e difundido pela Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 2001, é o de economia verde, um dos temas centrais discutidos na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento

Sustentável, Rio+20, realizada entre os dias 13 e 22 de junho de 2012, na cidade do Rio de Janeiro. De acordo com definição do PNUMA (2011, p.2) entende-se por economia verde “a economia que resulta em melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica”. Em um âmbito mais geral, é a economia que além de eficiente no uso de recursos, é socialmente inclusiva e de baixa emissão de carbono, ou seja, ela está baseada nesse tripé.

Reportando ao conceito de desenvolvimento sustentável e também, de certa forma, reforçando ideias já existentes na literatura de economia do meio ambiente, ou seja, como definiu Almeida (2012), apenas “reiterando velhas ideias”, a economia verde objetiva a melhoria do bem estar da população e a igualdade nesta, concomitantemente ao uso eficiente dos recursos naturais e a redução das possibilidades de escassez ecológica e riscos ambientais.

Ainda que a economia verde mantenha certa similaridade com o conceito de desenvolvimento sustentável, para o PNUMA (2011), a primeira não pode ser considerada como uma substituta ao segundo, mas sim uma forma de alcançar a sustentabilidade. Portanto, ambos os conceitos se complementam e não se excluem mutuamente, como podem interpretar alguns.

Para o PNUMA (2011) as crises recentes do sistema econômico e financeiro, bem como a crise climática, a da biodiversidade, a de alimentos, a da água e do combustível, ainda que tenham sido causadas por distintos fatores, um deles é comum a todas, a saber, o uso inadequado do capital. Nas últimas décadas investiu-se muito em combustíveis fósseis e erradicação da pobreza, relegando-se a um segundo plano os investimentos em energias renováveis, eficiência energética, transporte público, atividades agrícolas sustentáveis, conservação das terras e águas e proteção da biodiversidade e dos ecossistemas. Exemplo da insuficiência de investimentos em algumas dessas áreas é a indústria automobilística, totalmente dependente do petróleo e do ferro, assim como enfatizam Hawken *et al.* (2007) e Abramovay (2012).

A transição de uma economia marrom, como a atual baseada no crescimento econômico mas também na degradação ambiental, para uma economia verde, requer que sejam criadas “condições possibilitadoras”. Estas incluem: a instituição de normas de regulamentação rígidas; a priorização de investimentos e de gastos públicos em áreas que incentivem a transição dos setores econômicos para uma economia verde; a redução dos gastos em atividades esgotadoras do capital natural; a utilização de impostos e instrumentos de mercado capazes de mudar as preferências dos consumidores e incentivadoras de

investimentos verdes e inovação; o investimento em educação, treinamento e capacitação; e, enfim, o fortalecimento da governança internacional.

Ao se restringir ao incentivo de atividades e/ou projetos atuais que estão no centro dos debates econômicos, como moinhos eólicos, painéis fotovoltaicos e hortas orgânicas, a economia verde poderá, segundo Sawyer (2011, p.37), “não passar do acréscimo superficial de alguns setores ou camada adicionais” ou ainda se tornar facilmente uma simples “lavagem verde cosmética (*greenwashing*)”. Isso em detrimento do que deveria ser o foco principal das discussões atuais, a saber, os padrões insustentáveis de produção e de consumo.

2.2 As atividades econômicas e a geração de externalidades

Diz-se na literatura econômica que uma externalidade ocorre quando a ação de um agente econômico, seja ele uma firma ou um indivíduo, afeta positivamente ou negativamente outros agentes, ou seja, quando há a geração de um benefício ou malefício a outrem. No primeiro caso, quando a ação do agente afeta negativamente outro, diz-se tratar de uma externalidade negativa, sendo que no caso oposto há a ocorrência de uma externalidade positiva.

As externalidades ocorrem porque os agentes econômicos tomam suas decisões ou realizam suas ações somente considerando os seus próprios objetivos, desconsiderando os impactos que podem ser gerados a outros agentes econômicos. Dito de outra forma, estes agentes consideram apenas os benefícios e custos privados e não os benefícios e custos sociais. Ademais, estes agentes não obtêm do mercado a indicação correta dos custos e benefícios gerados por suas ações, o que faz com que a externalidade seja causada, conclui Andrade (2004), por uma imperfeição do mercado.

O benefício e o custo privados estão associados respectivamente ao benefício e ao custo que um indivíduo obtém ao produzir ou consumir um bem, enquanto que o benefício e o custo social consideram o impacto positivo ou negativo dessa produção ou consumo para todos os indivíduos da sociedade. Uma situação em que o benefício social é maior do que o benefício privado ilustra o caso de uma externalidade positiva, enquanto que quando o custo social é maior do que o custo privado tem-se uma externalidade negativa.

Assim, como exemplifica Andrade (2004), cada indivíduo ao colocar seu veículo nas ruas de um grande centro urbano impõe um custo aos demais motoristas e à sociedade pois a sua ação faz com que as ruas fiquem mais congestionadas, a velocidade dos outros veículos

diminua e a probabilidade de acidentes e os níveis de poluição (visual, sonora, do ar) aumentem. Vale ressaltar que os aumentos da poluição sonora e do ar, por sua vez, podem acarretar o agravamento de doenças respiratórias e de problemas auditivos. Trata-se, portanto, da ocorrência de externalidades negativas.

Além das externalidades negativas geradas pelos indivíduos há também aquelas provocadas por empresas, como quando estas despejam resíduos químicos e contaminantes em rios e mares ou quando lançam gases poluentes no ar. O rompimento da barragem de rejeitos minerais do Fundão, da empresa SAMARCO, em Minas Gerais, no dia 05 de novembro de 2015, é um exemplo de externalidade negativa. Além de destruir o subdistrito de Bento Rodrigues, em Mariana, a lama de rejeitos contaminou as águas do Rio Doce, matando peixes e demais seres aquáticos, prejudicando assim a atividade de pescadores e o fornecimento de água de vários municípios. Isto, somente para citar alguns dos malefícios gerados, já que os rejeitos também atingiram a costa litorânea do estado do Espírito Santo e prejudicaram o turismo em diversas cidades.

Como exemplos de externalidades positivas podem ser citados as ações e consequentes benefícios gerados tanto para o agente quanto para a sociedade como um todo do plantio de mudas de árvores, do desenvolvimento de invenções científicas, como a energia elétrica ou a vacina contra a paralisia infantil, entre outros (ANDRADE, 2004).

Como na presença de externalidades o equilíbrio competitivo gerado pelo livre funcionamento dos mecanismos de mercado não é necessariamente eficiente, há uma alocação ineficiente de recursos. A correção dessa deficiência, segundo Andrade (2004), pode se dar através das seguintes formas: estabelecimento do direito de propriedade; intervenção governamental por meio de soluções baseadas no mercado, como a colocação de impostos (ou multas), concessão de subsídios e a venda de direitos de poluição; e regulamentação.

De acordo com Andrade (2004), o problema da externalidade pode ser considerado como resultante da falta de definição dos direitos de propriedade e a partir disso é possível visualizar como o estabelecimento deste direito pode solucionar a ineficiência gerada pela externalidade. No caso, por exemplo, de um morador barulhento que incomoda seus vizinhos, deve-se analisar se há no regimento do condomínio ou bairro onde residem estes agentes uma cláusula que proíba ou não o barulho excessivo. Em caso afirmativo, ambos os agentes podem estabelecer um acordo de forma que o morador barulhento receba uma compensação monetária, por parte de seus vizinhos, para não fazer barulho. Isto, no entanto, pressupõe que sejam conhecidos o custo do vizinho ouvir o barulho e o benefício para o morador fazer barulho.

Em contraposição, se não for permitido fazer barulho, o vizinho terá que cumprir o regimento estando sujeito a penalidades caso não o faça. Em ambos os casos, o simples estabelecimento do direito de propriedade pode resolver o problema da externalidade. Há, no entanto, situações onde este procedimento não é eficaz, por exemplo, quando os custos de transação, ou seja, os custos para a elaboração de contratos e negociações entre os agentes, são elevados. Assim, na presença de custos de transação não nulos e direitos de propriedade mal definidos e desrespeitados, o equilíbrio competitivo gerado na economia na presença de externalidade pode resultar numa alocação imperfeita de recursos, situação conhecida na literatura como Teorema de Coase.

Além da presença dos custos de transação, outros fatores podem impedir que a alocação dos recursos seja eficiente mesmo após o estabelecimento dos direitos de propriedade, a saber, a possibilidade de a externalidade afetar vários indivíduos e a presença de informação imperfeita. Se o barulho provocado por um agente incomoda muitos estudantes, devido à possibilidade do surgimento do efeito carona ou *free-rider*, ou seja, nenhum indivíduo estar disposto, por exemplo, a negociar com o agente gerador da externalidade, mesmo que isso lhe proporcione benefícios, um acordo entre os envolvidos pode não ser realizado. Isto porque um indivíduo *free-rider* espera que outros paguem pelo produto/serviço, de forma que seja beneficiado sem ter que contribuir. Se todos pensarem desta maneira não haverá negociação entre as partes envolvidas e a externalidade não será eliminada.

Na presença de informação incompleta o equilíbrio eficiente pode não ser atingido porque, por exemplo, não são conhecidos monetariamente os custos e benefícios gerados pela externalidade, de forma que por haver uma superestimação dessas variáveis por parte dos agentes envolvidos, uma negociação pode não ser fechada, o que não elimina, portanto, os impactos da externalidade. Ademais, mesmo na ausência de todos os fatores citados, a saber, custos de transação, comportamento *free-rider* e informação imperfeita, nem sempre o simples estabelecimento dos direitos de propriedade pode eliminar a ineficiência de uma externalidade pois de acordo com Becker (1971 *apud* ANDRADE, 2004, p.24):

Externalidade resulta da imperfeição dos direitos de propriedade não de problemas de motivação induzido pelo direito de propriedade. (...) O ar seria facilmente poluído porque ninguém o possui. (...) Se cada pessoa possuísse o ar que ela respira, ela poderia cobrar das firmas o direito para poluir que certamente desencorajaria a poluição.

Tratando o tema da externalidade negativa sob a ótica da economia da poluição, Cánepa (2010) cita três abordagens de política pública para avaliar e definir como deve se dar

a internalização dos danos provocados ao meio ambiente e à sociedade: solução pigouviana, Análise de Custo-Efetividade (ACE) e Análise de Custo-Benefício (ACB).

Outra forma de corrigir os malefícios gerados pela externalidade é via intervenção governamental seja com mecanismos baseados no mercado, utilizando como ferramental o preço ou outras variáveis econômicas que incentivem os agentes a reduzir suas externalidades, seja diretamente por meio de regulamentação. Segundo Thomas e Callan (2012), as categorias de instrumentos de mercado, abordados a seguir, que podem ser utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Categorias de instrumentos de mercado

Instrumento de mercado	Descrição
Encargos por poluição	Uma taxa cobrada do poluidor que varia conforme a quantidade de poluentes lançada
Subsídio	Pagamento ou concessão de redução de imposto, que provê assistência financeira para a redução da poluição ou planos para reduzi-la no futuro
Sistema de depósito/reembolso	Um sistema que impõe uma cobrança antecipada com a finalidade de cobrir possíveis danos em função da poluição, valor que é devolvido no caso de ações positivas, como o retorno de um produto para o descarte apropriado ou para reciclagem
Sistema de comércio de licenças de poluição	O estabelecimento de um mercado voltado para os direitos de poluir, aproveitando crédito ou permissões

Fonte: Thomas e Callan (2012).

Ao colocar um imposto sobre a venda ou produção de um bem, o governo pode fazer com que os agentes econômicos passem a considerar o impacto gerado por suas atitudes, de forma que o equilíbrio eficiente seja alcançado. Esse imposto que corrige os impactos da externalidade é conhecido na literatura como imposto corretivo ou imposto Pigouviano ou imposto de Pigou, em homenagem ao economista inglês Arthur Cecil Pigou, primeiro a abordar o tema da poluição na Teoria Econômica, no início do século XX.

Pela Figura 1 é possível observar como a incidência de um imposto pode corrigir ou internalizar uma externalidade negativa, ou seja, a situação em que o custo marginal social é maior do que o custo marginal privado. Antes da introdução do imposto, o equilíbrio da economia é no ponto A, onde se produz a quantidade Q_A ao preço P_A . Após a colocação do imposto, a quantidade produzida se reduz de Q_A para Q_B , sendo que o preço recebido pelo produtor pela venda de sua mercadoria cai de P_A para P_P , igualando o custo marginal privado ao custo marginal social e internalizando a externalidade. O nível de preço P_C demonstra o

preço com o qual o consumidor se defronta para adquirir o produto após a introdução do imposto.

Figura 1 - Impacto da introdução de um imposto na presença de externalidade negativa

Fonte: Reprodução de Andrade (2004).

O imposto colocado pelo governo, por meio da autoridade ambiental, deve ser igual ao diferencial entre o preço pago pelo consumidor e o preço recebido pelo produtor, ou seja, na Figura 1, o imposto tem que ser igual a P_C menos P_P para que o equilíbrio eficiente seja atingido. Assim, o controle da externalidade é possível por meio da penalização, via imposto, e consequente desincentivo às atividades ou ações que, em excesso, provocam impactos negativos. Apesar da importância do trabalho de Pigou, principalmente por tratar de problema relacionado ao meio ambiente no âmbito econômico, gerando grandes repercussões posteriores, o imposto de Pigou não teve aplicação generalizada na prática, conclui Cánepa (2010).

Já a ineficiência resultante da presença de uma externalidade positiva pode ser corrigida por meio da colocação de um subsídio, tal como ilustrado na Figura 2. Na ausência do subsídio, o preço e a quantidade de equilíbrio são, respectivamente, P_A e Q_A . Quando se aplica o subsídio, o preço auferido pelo produtor na venda de seu produto aumenta de P_A para P_P , enquanto o preço pago pelo consumidor se reduz de P_A para P_C . A esses níveis de preço, o incentivo é para que consumidores comprem mais e vendedores produzam mais de forma que a quantidade total passe a ser igual à Q_B e que o benefício marginal privado se iguale ao benefício marginal social. Para que a externalidade seja corrigida a magnitude do subsídio dever ser igual a P_P menos P_C , de acordo com a Figura 2.

Figura 2 - Impacto da aplicação de um subsídio na presença de externalidade positiva

Fonte: Reprodução de Andrade (2004).

Ainda que a solução para as externalidades negativa e positiva por meio do estabelecimento de impostos ou subsídios pareça fácil, é importante destacar que a grande dificuldade do governo está em justamente definir qual deve ser a magnitude desses instrumentos para se atingir um equilíbrio eficiente. Essa dificuldade decorre da falta de informações, por parte do governo, dos custos e benefícios das ações econômicas.

Ademais, mesmo o mais comum sendo corrigir externalidades negativas com impostos e externalidades positivas com subsídios, nada impede que o contrário ocorra, ou seja, que os subsídios sejam utilizados para corrigir externalidades negativas e os impostos, externalidades positivas.

O problema da poluição, uma das principais externalidades geradas, também pode ser abordado segundo a Análise de Custo-Efetividade (ACE). Na ACE o objetivo é a busca e a análise de alternativas para o abatimento da poluição de forma que possam ser alcançadas, ao menor custo possível, as metas que forem estabelecidas pela sociedade.

Segundo Cánepa (2010), o processo da ACE pode ser observado através das seguintes etapas: inicialmente o estado deve assumir efetivamente a propriedade dos bens ambientais, como ar e água, que não são passíveis de serem alocados à propriedade privada. Essa propriedade do estado pode ser conseguida por meio de leis ordinárias ou pela própria constituição. A sociedade, por sua vez, deve estabelecer “objetivos (padrões) de qualidade para os diversos corpos receptores a serem atingidos no longo prazo e que corporificam usos

desejados desses corpos, exigindo sua melhoria ou, ao menos, a manutenção da qualidade atual” (CÁNEPA, 2010, p.81). Como a meta a ser atingida pode requerer tempo e gastos vultosos podem ser estabelecidas metas parciais, por exemplo, para serem alcançadas em cinco ou dez anos, e crescentes de abatimento dos poluentes emitidos.

Estabelecidas as metas a serem atingidas, o estado, com o intuito de racionalizar ou racionalizar a utilização dos bens ambientais envolvidos na ACE, passa a outorgar o uso destes, sendo que na maioria dos casos, os instrumentos econômicos mais difundidos para induzir os agentes a utilizar os recursos ambientais de maneira mais moderada são: o Princípio Poluidor Pagador e os Certificados Negociáveis de Poluição que, segundo Cánepa (2010), deveriam mais corretamente serem denominados Certificados Negociáveis de Emissão.

Antes de tratar dos dois instrumentos econômicos supracitados, é importante ressaltar que cabe ao estado o dever de monitorar constantemente a qualidade dos recursos ambientais afetados pelos poluentes, controlar as emissões destes por parte dos agentes e manter a população informada do andamento da política implementada para o alcance das metas, o que pode se dar pela elaboração e divulgação de relatórios como os da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) sobre a qualidade da água e do ar no estado de São Paulo.

O Princípio Poluidor Pagador (PPP), mais utilizado, segundo Cánepa (2010), nos casos envolvendo a poluição das águas, se baseia na cobrança pelo despejo ou emissão de efluentes nos recursos ambientais monitorados pela política do estado. A Figura 3 ilustra o cumprimento de uma meta de abatimento de poluentes segundo o PPP, sendo que no eixo horizontal está representado, em termos percentuais, o total de emissões anuais de um dado poluente no período corrente e no eixo vertical, a tarifa cobrada por tonelada emitida anualmente de poluentes.

Ademais, considera-se que para alcançar o nível de qualidade determinado faz-se necessário o abatimento anual do segmento Oc (75%) da Figura 3. No entanto, no início do processo pode ser difícil atingir a meta. Assim, podem ser estabelecidas metas parciais para cumprimento progressivo, em períodos de 5 em 5 anos, com a meta Oa para ser alcançada em 5 anos, Ob em 10 anos e, por fim, Oc em 15. A curva CMg representa o custo de abatimento (custo marginal de longo prazo) dos distintos setores poluidores e pode ser construída, segundo Cánepa (2010), pelas agências governamentais responsáveis a partir de informações sobre as tecnologias de abatimento atualmente existentes no mercado.

Figura 3 – Princípio Poluidor Pagador no contexto de uma política custo-efetiva de combate à poluição

Fonte: Reprodução de Cánepa (2010).

Assim, sob a cobrança da tarifa OT1 (valor em unidades monetárias por tonelada por ano) torna-se possível o abatimento da quantidade Oa de poluentes, o que por sua vez atinge a primeira meta parcial (Figura 3). Isso ocorre porque tendo que pagar a tarifa OT1 todos os agentes poluidores com custos de abatimento da poluição inferiores ao valor da tarifa preferirão reduzir as emissões e/ou despejos ao invés de ter que pagar a tarifa para poder poluir. Já os demais agentes poluidores, representados pelo segmento ad , preferirão pagar a tarifa OT1 e continuar poluindo enquanto seus custos de abatimentos forem superiores ao valor da tarifa.

Com o passar do tempo tarifas maiores, como OT2 e OT3 na Figura 3, passam a ser cobradas de forma que os outros agentes poluidores terão maiores incentivos para abater poluição ao invés de emitir e/ou despejar rejeitos, permitindo assim que a meta final seja alcançada após as sucessivas etapas implantadas.

Vale ressaltar que a situação demonstrada pela Figura 3 evidencia não somente o aspecto incitativo da cobrança da tarifa, ou seja, a pressão via aumento de preço, induzindo os poluidores a reduzir suas externalidades e/ou uso de recursos, mas também o aspecto de complementação de potencial de financiamento dos abatimentos de poluição que ainda precisam ser feitos, conclui Cánepa (2010). Isto porque, no caso de cobrança de uma tarifa de

OT1, a agência ou comitê responsável pelo estabelecimento e fiscalização da meta final auferirá uma receita igual a OT1 vezes *ad*, recurso este que pode, integral ou parcialmente, ser emprestado aos agentes poluidores que por terem custos de abatimento superiores ao valor da tarifa não abatem poluição.

Cánepa (2010) ressalta que, como as curvas de custo de abatimento, tal qual a demonstrada pela Figura 3, refletem os conhecimentos tecnológicos atualmente existentes no mercado, a meta final pode ser alcançada num período menor do que o estipulado se inovações forem implementadas. Assim, durante o cumprimento das metas parciais o uso de inovações, sejam aquelas de processo, de matérias-primas, de insumos energéticos ou outras pode fazer com que a curva de custo de abatimento “gire” no sentido horário, tornando possível o alcance da meta final num período menor e possivelmente a um custo também menor.

Outra solução de mercado para os problemas gerados na presença de externalidade é a venda de direitos de poluição ou Certificados Negociáveis de Poluição, prática, segundo Andrade (2004), particularmente popular nos Estados Unidos. Assim como no caso da colocação do imposto, o governo deve estabelecer um limite máximo de poluição que pode ser lançado pelas empresas na atmosfera. Feito isto, o governo vende às empresas certificados de poluição, ou direitos de poluir ou de gerar externalidade, de forma que elas não possam poluir além do que consta nos direitos que adquiriram.

Ademais, tais certificados podem ser negociados abertamente num mercado secundário, permitindo assim que as próprias empresas negociem entre si. Para corrigir a externalidade por meio das vendas de direitos de poluição, no entanto, também se faz necessário uma eficiente e constante fiscalização do montante de gases poluentes emitidos por cada empresa, evitando assim que possam ser lançadas quantidades superiores às constantes nos direitos adquiridos pelas empresas.

Aplicação direta da Teoria Microeconômica Neoclássica e da Economia do Bem-Estar, a Análise de Custo-Benefício (ACB) também é uma abordagem possível referente à questão da poluição, segundo Cánepa (2010). Tal como no caso da ACE, o PPP funciona na ACB “subindo a escada” do custo de abatimento dos distintos setores poluidores, ou seja, do custo marginal de longo prazo (CMg), demonstrado na Figura 4.

Figura 4 – Princípio Poluidor Pagador no contexto de uma política baseada na Análise Custo Benefício

Fonte: Reprodução de Cánepa (2010).

Apesar das semelhanças, inclusive na demonstração gráfica, a diferença, de acordo com Cánepa (2010), está na fixação da meta final. Enquanto na ACE esta fixação é determinada politicamente, ou seja, exogenamente ao subsistema econômico, na ACB cabe a este subsistema estabelecer a meta final, mediante a determinação do “nível ótimo de abatimento da poluição”. Assim, na ACB o ponto ótimo, representado pela letra b na Figura 4, é aquele no qual o Custo Marginal de Abatimento se iguala ao Benefício Marginal de Abatimento da poluição, ou ainda, o ponto onde a diferença entre o Benefício Total de Abatimento e o Custo Total de Abatimento é máxima, de forma que este ponto represente o maior Benefício Social Líquido alcançável, complementa Cánepa (2010).

Na ACB, portanto, além da valoração econômica dos custos de abatimento, necessário também na ACE, é preciso calcular os benefícios envolvidos de forma que assim seja possível mensurar o ponto ótimo. Como, entretanto, estes benefícios possuem características de um bem público, um dos problemas enfrentados para a sua mensuração é o da revelação de preferências.

Dadas as similaridades com a ACE e o fato de se diferenciar somente na fixação da meta final, é importante ressaltar, de acordo com Cánepa (2010), que a ACB também pode ser utilizada na aplicação dos Certificados Negociáveis de Poluição.

Por fim, a regulamentação em si, ou seja, a criação de medidas legais é outra forma possível do governo corrigir a ineficiência gerada pela externalidade. São exemplos de outros tipos de regulamentação para corrigir externalidades negativas a lei proibindo pessoas de fumar em locais públicos, os Planos de Controle de Poluição Veicular (PCPV) e os Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso, que dentre outras medidas realizam vistorias periódicas nos veículos em circulação de forma a verificar se os níveis de emissões de gases poluentes estão dentro do permitido em lei.

Dito de outra forma a atuação do governo para a solução dos problemas gerados pelas externalidades pode ser sintetizada pela seguinte frase de Ronald Reagan: “A visão do governo em relação à economia poderia ser resumida em algumas frases curtas: se ela se movimenta, taxe-a. Se continuar se movendo, regule-a. E se parar de mover-se, subsidie-a” (THOMAS; CALLAN, 2012, p.113).

2.3 Poluição atmosférica e sua classificação

A despeito das críticas às quais novos conceitos, como desenvolvimento sustentável e economia verde, estejam sujeitos, é importante ressaltar a necessidade de estudos e da adoção de práticas e tecnologias que possibilitem a conciliação entre a melhora da qualidade de vida de uma população crescente e a capacidade de carga do nosso planeta. Assim, as iniciativas neste âmbito devem, se não eliminar, pelo menos minimizar os impactos ambientais gerados pelas atividades antrópicas. Por impacto ambiental entende-se, de acordo com o artigo 1º da Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA):

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais.

Os impactos ambientais provocados pela atividade antrópica, portanto, abrangem não somente o meio ambiente mas também as esferas social e econômica. Assim, pode-se ter como impacto ambiental os diversos tipos de poluição (atmosférica, da água, do solo, visual, sonora e nuclear), a geração de resíduos, sejam líquidos ou sólidos, o desmatamento da vegetação, entre outros.

No que se refere especificamente à poluição atmosférica, de acordo com Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990, pode ser considerada como:

Qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I) impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II) inconveniente ao bem-estar público; III) danoso aos materiais, à fauna e flora; IV) prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

No entanto, além da poluição comumente visível e provocada pela atividade antrópica, há também, conforme ressalta Fellenberg (1980), um tipo de poluição ambiental não provocada pela ação do homem e não tão considerada, a saber, a poluição ambiental natural. Esta é emitida principalmente por três componentes: pó, pólen e esporos e óleos essenciais.

De acordo com Fellenberg (1980) a poeira pode ser causada tanto pela ação humana quanto pela própria natureza. Neste último caso tem-se, por exemplo, a formação de nuvens de poeira provocadas pelo vento em desertos e estepes e poeira cósmica. Contudo, a poeira natural é observada em um nível muito reduzido comparativamente à poeira antropogênica. A poeira, em termos gerais e desconsiderando sua origem, pode tornar-se prejudicial à saúde quando inspirada por um longo tempo, penetrando nos pulmões e se sedimentando nas vias respiratórias, o que provoca irritação crônica das mucosas.

O pólen pode causar, em pessoas sensíveis, reações alérgicas tanto nas mucosas do nariz quanto no tecido conjuntivo dos olhos, reações estas manifestadas por meio de inflamações e secreções de mucos. Outro tipo de poluição natural é originado nas coníferas que armazenam óleos etéreos (terpenos e terpenóides) em seus troncos e folhas. As substâncias químicas presentes nas coníferas, terpenos e ésteres, são as que dão o cheiro tão característico de florestas cobertas por estas árvores. Por despenderem grandes quantidades de terpenos em regiões muito secas e quentes, as coníferas podem provocar a formação de partículas que se assemelham a uma névoa ou neblina (FELLENBERG, 1980).

Os poluentes podem ser classificados em primários ou secundários. Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes de poluição, como o monóxido de carbono, enquanto os poluentes secundários são os formados a partir de reações químicas entre poluentes primários. Além desta classificação, os gases poluentes também podem ser divididos quanto à fonte emissora: fixa ou móvel. As indústrias são os principais exemplos de fontes fixas, sendo que nesta categoria também se enquadram os incineradores de resíduos, as usinas termoelétricas que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, e as fontes fixas naturais

como maresia e vulcanismo. Como exemplos de fontes móveis, por sua vez, têm-se os veículos automotores, os trens, aviões e embarcações marítimas. Nas cidades, as principais fontes poluidoras são os veículos.

De acordo com Field e Field (2014), distinção também pode ser feita quanto ao tempo que os poluentes ficam no meio ambiente, à abrangência territorial, à facilidade de identificação dos pontos de descarga e da periodicidade das emissões. Os poluentes não cumulativos são aqueles que se dissipam logo após a sua emissão, como o ruído que é emitido somente enquanto a fonte estiver em operação, cessando logo depois da fonte ser interrompida. Além destes poluentes, há ainda os que se acumulam no meio ambiente em quantidades próximas das emitidas, os poluentes cumulativos, como o plástico cuja decomposição decai muito lentamente com o decorrer do tempo comparativamente à duração da vida humana.

No que se refere à abrangência territorial os poluentes podem ser classificados em locais ou regionais e globais. O primeiro é utilizado para aqueles poluentes que geram impactos somente em regiões restritas e localizadas, como a poluição sonora e a degradação do ambiente visual. Os danos provocados por este tipo de poluentes geralmente se restringe a grupos consideravelmente pequenos de pessoas de uma dada região. Quando, por outro lado, os danos gerados afetam regiões mais amplas e até globais os poluentes são ditos regionais e globais. São exemplos deste tipo de poluentes as emissões de clorofluocarbonetos de vários países que ao provocarem alterações químicas em toda a estratosfera terrestre geram impactos em todo o ambiente do planeta. Assim, neste caso uma emissão regional assume proporções globais, o que consequentemente dificulta decisões visando à minimização ou eliminação das fontes promotoras de emissões de tais poluentes.

Dada a facilidade, ou não, com que os pontos de descarga podem ser identificados, os poluentes podem ser denominados como de fontes pontuais e de fontes não pontuais. Os de fontes pontuais são aqueles cujos pontos de descarga podem ser facilmente identificados, como as emissões de dióxido de enxofre de uma central elétrica e o esgoto gerado nos municípios. Estes são exemplos de poluentes de fontes pontuais porque dada a visibilidade das emissões, no primeiro caso as emissões saem das chaminés da central elétrica e no segundo comumente há um único canal por onde o esgoto é descarregado, suas fontes são facilmente identificadas.

Diferentemente destes poluentes de fontes pontuais, os pontos de descarga das não pontuais (difusas) são mais difíceis de serem identificados e por isso há também uma dificuldade maior em medi-los, monitora-los e estudá-los. Os produtos químicos utilizados na

agricultura que escoam difusamente pela terra e podem contaminar córregos e aquíferos são exemplos de poluentes de fonte não pontual.

Por fim, de acordo com a periodicidade com que as emissões são lançadas elas podem ser ditas contínuas ou episódicas. Embora possam variar ocasionalmente durante o dia, a semana ou o mês, emissões como as de centrais elétricas ou de estações de tratamento de águas residuais são mais ou menos contínuas, o que, portanto, permite a sua classificação como emissões contínuas. Ainda que estas emissões não variem muito ao longo do tempo, os danos nem sempre também o serão, visto que estes estão sujeitos, por exemplo, a eventos meteorológicos e hidrológicos. Há, no entanto, emissões que são episódicas, como os acidentes de derramamento de petróleo ou produtos químicos. Enquanto os programas de controles das emissões contínuas são mais fáceis de ser implementados, no caso das emissões episódicas o objetivo torna-se a criação de um sistema que reduza a probabilidade de descargas acidentais.

2.4 Frota de veículos automotores rodoviários no Brasil

Os veículos automotores rodoviários englobam, segundo CETESB (2014) os automóveis, os comerciais leves, as motocicletas, os caminhões e os ônibus. Os automóveis são veículos destinados exclusivamente ao transporte de passageiros, ainda que possam ser utilizados em outras finalidades, e possuem capacidade para até oito pessoas, incluindo o próprio condutor. Por comerciais leves entendem-se os veículos de transporte de pessoas ou de carga que não ultrapassem o peso bruto de 3.856 kg. Já as motocicletas são veículos de duas rodas, com ou sem *side-car*, dirigidos em posição montada e utilizados no transporte de pessoas e de pequenas cargas. Os caminhões, por sua vez, são utilizados exclusivamente no transporte de carga, possuem carroçaria, peso bruto total superior a 3.856 kg e com o tempo tornaram-se o principal modal rodoviário utilizado no Brasil para o transporte de carga. Por fim, os ônibus são veículos de transporte coletivo de pessoas, podendo ser classificados, segundo a CETESB (2014), como micro-ônibus, ônibus urbano ou ônibus rodoviário.

De acordo com dados do 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2014), em 2012, a frota estimada de veículos automotores rodoviários no Brasil foi de 48.775.853 unidades, sendo que destes os automóveis e as motocicletas corresponderam a quase 85%, a saber, respectivamente 57% e 27%, como demonstrado na Figura 5. Em 1980 enquanto os

automóveis eram responsáveis por 76% da frota estimada de veículos automotores, as motocicletas correspondiam somente a 3% deste total. Comerciais leves, caminhões e ônibus, por sua vez, corresponderam em 2012 a, respectivamente, 12%, 3% e 1%, e em 1980 a 13%, 7% e 1%.

Figura 5 - Frota estimada de veículos automotores segundo o tipo de veículo, em percentagem (%) – Brasil – 2012

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2015).

Desconsiderando o número de motocicletas, em 2014, a frota estimada de autoveículos (automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus) no Brasil, de acordo com dados da ANFAVEA (2016) foi de 41.743 mil unidades, dos quais 32.715 eram automóveis, 6.287 comerciais leves, 2.100 caminhões e 640 ônibus. No cenário internacional, o Brasil possuía, em 2013, a oitava maior frota de autoveículos (39.695 mil unidades), atrás de Estados Unidos, China, Japão, Alemanha, Rússia, Itália e França.

A partir da análise da Figura 6, é possível observar que a frota de veículos brasileiros aumentou, principalmente após meados da década de 1990, o que exercerá cada vez mais pressão sobre a estrutura das cidades. Maior frota também resulta em maiores congestionamentos, mais emissões de gases poluentes, mais acidentes de trânsito e, portanto, a geração de mais externalidades negativas. Juntamente ao crescimento total da frota, pela Figura 6 é possível notar que os automóveis e principalmente as motocicletas, os dois tipos de veículos mais expressivos dentro da frota, também apresentaram crescimento desde a década de 1980.

Figura 6 - Frota estimada de veículos automotores rodoviários por tipo e número de habitantes por veículo no Brasil – 1980 a 2012

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do 2º Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários (BRASIL, 2014) e do DATASUS.

Comparativamente ao tamanho da população brasileira, observa-se uma queda na relação número de habitantes por veículo, em 1980 ela era de 12,79 habitantes/veículo, pouco mais de três vezes maior do que a observada em 2012, de 3,98. Esses dados demonstram que a frota de veículos cresce a uma taxa maior do que a da população brasileira.

Em nível internacional e desconsiderando a frota de motocicletas, no ano de 2013, o número de habitantes por autoveículo foi de 1,2 nos EUA, 1,4 na Austrália e na Itália, 1,6 no Canadá e 1,7 na Espanha, Japão, França, Reino Unido, Áustria e Alemanha. Em todos estes países, desde 2002, essa relação tem se mantido constante e em alguns casos, as reduções foram registradas apenas nas casas decimais. No Brasil o número de habitantes por autoveículo (diferentemente da categoria veículo, exclui as motocicletas), caiu de 8,2 em 2004 para 5,1 em 2013, de acordo com ANFAVEA (2016).

Quando observadas as relações entre o número de habitantes e cada tipo de veículo no Brasil, dadas as diferenças significativas entre suas frotas, notadamente com um número maior de veículos de transporte individual, nota-se uma grande discrepância nos dados. Assim, enquanto o número de habitantes por automóvel foi de 6,97 em 2012, a relação entre o tamanho da população e as frotas de comerciais leves, motocicletas, caminhões e ônibus, foi de 34,46; 14,54; 120,69 e 532,98, respectivamente. Ainda que os automóveis tenham grande

contribuição para a queda no número de habitantes por veículos no Brasil, é importante destacar o crescimento do número de motocicletas. De acordo com indicador construído a partir dos dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e do 2º. Inventário de emissões de autoveículos para o Brasil estima-se que, em 1980, a relação habitantes por motocicleta era de 453,31 passando para 102,84 dez anos depois, 58,71 em 2000 e finalmente, 14,54 em 2012, como demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Número de habitantes por veículo e por tipo de veículo no Brasil – 1980 a 2012

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do 2º Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários (BRASIL, 2014) e do DATASUS.

Em termos produtivos, em 2014 o Brasil produziu pouco mais de 100 vezes a quantidade de veículos registrada em 1957 e quase o dobro da produção observada há uma década. Apesar da grande extensão territorial brasileira, a frota de autoveículos é muito concentrada em algumas regiões, tal como se observa na Figura 8, cujos dados reportam ao ano de 2014. Mais da metade da frota nacional esteve concentrada em três estados brasileiros, São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Juntas essas regiões responderam por 52,3% da frota total, sendo que destes, 63,86% da frota estavam em São Paulo.

A Figura 8 evidencia que a frota de autoveículos se concentra principalmente nas regiões Sudeste e Sul do país. Quando se observa, no entanto, a frota brasileira de motocicletas e veículos similares, ainda que o estado de São Paulo também concentre a maior parte da frota, a saber, 21,44% em 2014, estados de outras regiões brasileiras tem participação expressiva. Assim, pela Figura 9, é possível identificar dois estados da região Nordeste entre

os cinco com a maior frota de motocicletas e veículos similares, são eles Ceará e Bahia, como participações de 5,53% e 5,41%, respectivamente.

Figura 8 - Distribuição percentual da frota estimada de autoveículos no Brasil por unidade da Federação – 2014

Fonte: ANFAVEA (2016).

Figura 9 - Distribuição percentual da frota de motocicletas e veículos similares no Brasil por unidade da Federação – 2014

Fonte: Elaboração própria a partir de ABRACICLO (2015).

Comparativamente à frota de motocicletas e veículos similares de todo o território nacional, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (ABRACICLO, 2015), as regiões Sudeste e Nordeste responderam, no ano de 2014, por mais de 3/5 desta frota, a saber, respectivamente, 38,53% e 26,97%. Em 2004, estas participações foram de, respectivamente, 43,13% e 19,60%, com o Nordeste apresentando uma participação pouco menor do que a da região Sul com 19,94%, situação esta que se inverte a partir de 2007. O aumento do número de motocicletas e veículos similares no Nordeste, observado nos últimos anos, está relacionado à substituição do uso da força animal por estes tipos de veículos.

Ainda que a região Nordeste tenha uma frota de motocicletas e veículos similares menor do que a do Sudeste, é importante ressaltar que as vendas, seja no atacado ou no varejo, na primeira região, desde 2010, são superiores às da segunda. As vendas no atacado e varejo, por exemplo, no Nordeste representaram, respectivamente, 36,69% e 36,32%, do total do país, em 2014, contra 30,96% e 31,35% do Sudeste, o que permite inferir que, *ceteris paribus*, a frota de motocicletas e veículos similares no Nordeste pode ultrapassar a do Sudeste.

No que se refere ao tipo de combustível das motocicletas e veículos similares vendidos no varejo no país, em 2014, 595.671 unidades foram a gasolina, 833.960 flex e menos de 0,005% (61 unidades) elétricas.

Além da distinção entre os tipos de veículos, a saber, automóveis, comerciais leves, motocicletas, caminhões e ônibus, e quanto ao tipo de combustível utilizado, classificação também pode ser feita no que se refere ao subsegmento ao qual pertence cada um dos tipos de veículos (Tabela 2).

De acordo com dados do número de emplacamentos realizados anualmente no Brasil desde 2012 se observa um aumento da participação percentual, no mercado, de automóveis do subsegmento utilitários esportivos, também conhecidos como SUV (da sigla em inglês *Sport Utility Vehicle*), de 8,92% , em 2012, para 21,42%, em 2017⁴ (Figura 10). Em contraposição a este aumento, a participação de veículos de entrada caiu de 31,31%, em 2012, para 20,72%, em 2017. Nos EUA, segundo Abramovay (2012) também se observa um aumento dos *light trucks*, carros bem mais pesados e também mais consumidores de combustíveis do que os demais veículos de passageiro. Ainda segundo o autor, dos 245 milhões de automóveis que os EUA possuíam, 44% eram *light trucks*.

⁴ Valor percentual referente ao acumulado até o mês de abril de 2017.

Tabela 2 – Classificação dos veículos por tipo e por subsegmento

(continua)

Tipo de veículo	Definição	Subsegmento	Descrição
Automóvel	Veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, inclusive o condutor	Hatch	Abreviação de hatchback. Se refere ao tipo de automóvel onde o porta-malas está integrado ao compartimento de passageiros, ou seja, o vidro traseiro do veículo, tal como uma ampla janela (escotilha), é integrado à tampa do porta-malas
		Entrada	Termo utilizado para descrever os modelos de automóveis mais baratos oferecidos pelas marcas existentes no mercado
		Sedan	Diferentemente do hatch, o automóvel sedan é aquele onde o porta-malas não é integrado ao compartimento de passageiros e nem ao vidro traseiro
		Monocab Grandcab	Termo utilizado pela Fenabreve para descrever as minivans, sendo que as menores são denominadas como monocab e as maiores, a partir de 7 lugares, como grandcab
		SW	Abreviação de Station Wagon. Também conhecida no Brasil com perua, designa o automóvel que prioriza o espaço interno, podendo ser uma variação de um sedan ou hatch já existente. Geralmente é mais baixa do que a minivan
		Sport	Designa os automóveis que geralmente são pequenos, de dois lugares e que são projetados para condução de alta velocidade. Podem ser simples ou luxuosos
Comerciais leves	Veículo automotor destinado ao transporte de pessoas ou carga, com PBT até 3.856 kg	Picape	Também conhecidas como caminhonetes, designa os comerciais leves que transportam carga em compartimento aberto. Sua estrutura é composta normalmente de uma cabine com dois lugares ou cinco lugares no caso de cabine dupla e na parte traseira do veículo uma caçamba grande e aberta. As picapes pequenas carregam até 500 kg
		Furgão	Designa os comerciais leves similares a um pequeno caminhão utilizados para o transporte de cargas não muito pesadas. Normalmente o habitáculo é separado do compartimento de carga
Caminhões	Veículo automotor destinado ao transporte de carga, com carroçaria, e PBT superior a 3.856 kg	Pesado	15 t <= PBT e PBTC >= 40 t
		Semipesado	15 t <= PBT e PBTC < 40 t
		Médio	10 t <= PBT < 15 t
		Leve	6 t <= PBT < 10 t
		Semileve	3,8 t < PBT < 6 t

(conclusão)

Motocicletas	Veículo automotor de duas rodas, com ou sem <i>side-car</i> , dirigido em posição montada	City	Designa motocicletas de baixa cilindrada e de concepção urbana. Também podem ser chamadas de Street e apresentar características similares às de motocicletas naked, esportiva ou custom
		Scooter/Cub	Denominação dada ao veículo de duas rodas com motor elétrico ou a combustão, semelhante a uma motocicleta. Possui câmbio automático e diferentemente das motocicletas, o posicionamento das pernas fica sobre um assoalho. Os modelos mais famosos são as Vespas. Já as motocicletas cub estão no meio termo entre uma street e um scooter. Com visual que lembra a de um scooter, o câmbio da cub é semi-automático e a maior parte dos modelos não tem embreagem
		Trail/Fun	Nome dado às motocicletas de pequena e média cilindrada com aptidões mistas: urbana e off-road. Visualmente se parecem com as motocicletas de Motocross
		Naked/Roadster	Termo em inglês que significa “nu” ou “nua” e denomina as motocicletas sem carenagens, de média a alta cilindrada e para uso em asfalto. Normalmente são versões sem carenagens de motocicletas esportivas
		Maxtrail	Motocicletas que possuem características semelhantes às trail, com motores de média e alta cilindrada e de uso misto asfalto/terra. Também são chamadas de “big-trail” e maxitrail
		Sport	Designa as motocicletas com carenagem aerodinâmica, motores potentes e são desenvolvidas para rodar com muita velocidade. São versões de rua das motos de competição de motovelocidade e também podem ser chamadas de esportiva ou speed
		Custom	Denominação dada às motocicletas de média e alta cilindrada com visual clássico e características estradeiras. Neste segmento os motociclistas sentam com as pernas mais flexionadas que usualmente
		Touring	Designa as motocicletas indicadas ao turismo e assim são confortáveis para a realização de longas viagens. Compreende as motocicletas de várias categorias, desde modelos de uso misto até alguns semelhantes às motocicletas do segmento custom
Ônibus	Veículo automotor de transporte coletivo de pessoas	Ônibus urbanos	Veículo automotor de transporte coletivo dentro do município, de uso intermunicipal nas regiões metropolitanas e os mini ¹ -ônibus
		Micro-ônibus	Veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para até vinte passageiros para uso urbano, intermunicipal ou rodoviário, incluindo os mini-ônibus
		Ônibus rodoviário	Veículo automotor de transporte coletivo para transporte entre municípios, interestadual, internacional, turismo, fretamento e os especiais

Fonte: Elaboração própria a partir de Marum (2014), Auto Esporte (2015) e CETESB (2016a).

Notas: PBT – Peso Bruto Total

PBTC – Peso Bruto Total Combinado

¹ Correção própria.

No tocante ao total de emplacamentos, no entanto, apesar do aumento dos veículos SUVs, os automóveis *hatch* e *sedan* ainda continuam sendo os automóveis com as maiores participações, a saber, respectivamente 27,89% e 26,01% em 2017. Ainda que se tratem de dados de emplacamentos e não da frota circulante, é importante ressaltar a tendência de aumento da frota de automóveis novos mais pesados e com motores mais potentes, como os SUVs e *sedan*, e redução dos mais leves e mais econômicos, como os de entrada.

Figura 10- Evolução percentual dos emplacamentos de automóveis no Brasil por subsegmentos – 2012 a abril/2017

Fonte: Elaboração própria a partir da FENABRAVE (2017,a,b).

Nota: No ano de 2017 estão apresentados os valores percentuais do acumulado até o mês de abril.

Entre os veículos classificados como comerciais leves, as picapes grandes representaram, em 2012 e 2017, respectivamente 31,88% e 53,39%, enquanto as picapes pequenas perderam participação nos emplacamentos totais, passando de 46,76%, em 2012, para 36,04%, em 2017. As participações dos furgões, outro subsegmento dos comerciais leves, por sua vez, reduziram de 21,36% para 10,58% (FENABRAVE, 2017a,b). Assim como no caso dos automóveis, também se observa um aumento dos comerciais leves mais potentes e maiores.

No caso dos caminhões, segundo a Fenabreve (2017a,b), os veículos mais pesados também foram os que tiveram as maiores participações nos emplacamentos totais do país, entre 2012 e 2017. Os caminhões dos subsegmentos pesado e semipesado, representaram respectivamente, 30,36% e 33,77%, em 2012, e 35,98% e 26,41%, em 2017, de forma que estes subsegmentos correspondem a mais de 60% do total de emplacamentos dos caminhões.

Somente no caso das motocicletas, os subsegmentos mais leves e com motores menos potentes obtiveram maiores participações nos emplacamentos totais. As motocicletas do subsegmento *city* e *scooter/cub* apresentaram, respectivamente, as seguintes participações: 55,09% e 24,75, em 2012, e 40,99% e 32,32%, em 2017. Ainda que a participação das *city* tenham se reduzido, as motocicletas com motores mais potentes (*naked/roadster*, *maxtrail*, *sport*, *custom* e *touring*) representaram em 2017, pouco mais de 5% dos emplacamentos totais das motocicletas (FENABRAVE, 2017a,b).

Assim, com exceção das motocicletas e dos ônibus, sendo que para estes últimos a Fenabrave (2017a,b) não apresenta dados por subsegmentos, as maiores participações no total dos emplacamentos para todos os demais veículos se referem aos subsegmentos representativos de veículos mais pesados e com motores mais potentes. Vale ressaltar que estes veículos por apresentam uma autonomia menor do que a dos veículos dos outros subsegmentos consomem consequentemente mais combustível, o que, *ceteris paribus*, pode implicar num aumento das emissões futuramente.

No Brasil desde 2008, quando teve início de forma voluntária o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) classifica os veículos automotores leves comercializados no país de acordo com sua eficiência energética a partir de informações sobre o consumo de combustível declarado pelos fabricantes ou importadores. Ainda que coordenado e regulamentado pelo INMETRO, o PBEV foi desenvolvido em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), vinculado ao Ministério de Minas e Energia e implementado pela empresa brasileira Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras).

Os veículos são classificados com conceitos que variam de “A” a “E”, sendo que similarmente às classificações feitas para alguns eletrodomésticos, “A” significa menor consumo energético e “E” maior consumo energético. Após esta etiquetagem o INMETRO classifica os veículos de acordo com a categoria, ou seja, comparando-os com modelos semelhantes, e em uma classificação geral, sendo neste caso feita comparação com todos os modelos participantes⁵.

Em 2008, segundo INMETRO (2016a), apenas cinco montadoras e 54 modelos faziam parte do programa sendo que em 2016 houve a adesão de todas as montadoras e

⁵ As categorias de automóveis consideradas nos programas são: microcompacto, subcompacto, compacto, médio, grande, extragrande, esportivo, picape, utilitário esportivo grande, utilitário esportivo, fora de estrada compacto, fora de estrada grande, comercial leve, minivan e de carga derivada de veículo de passageiro.

importadoras e a inclusão dos veículos leves a diesel (picape, SUV e fora de estrada), compreendendo assim 90% dos automóveis comercializados no país. Ademais, desde 2013 as tabelas divulgadas pelo INMETRO passaram a conter informações referentes também às emissões veiculares de gases poluentes (NMHC, CO e NO_x) e gases de efeito estufa (CO₂), com classificação, adotada em 2016, variando de “A” (menor emissão) a “C” (maior emissão).

De acordo com informações da tabela de consumo/eficiência energética de 2016 (INMETRO, 2016b), compreendendo 35 marcas e 1.102 modelos/versões de automóveis, um automóvel compacto da marca Jac, modelo J3 e motor 1.5-16V-*flex*, possuía autonomia, movido a gasolina, de 9,7 km/l na cidade e emitia 0,028 g/km de CO, enquanto um automóvel da categoria fora de estrada da marca Suzuki, modelo Grand Vitara (motor 2.0-16V e versão 4X4), automóvel considerado como um utilitário esportivo na classificação da FENABRAVE, possuía autonomia, movido a gasolina, de 7,6 km/l na cidade e emitia 1,182 g/km de CO.

Assim, considerando como referência a tabela de intensidade de uso de referência (km/ano) por tipo de veículo da CETESB (2016a) (Anexo M), após um ano de uso os automóveis supracitados, ao rodarem, em média, 11.997 km, terão emitido, respectivamente, 335,916 e 14.180,454 gramas de CO, ou seja, uma diferença de 13.844,538 entre eles, ou quase 43 vezes mais. Apesar da comparação, vale ressaltar, no entanto, que dependendo da marca e do tipo de motor, câmbio e versão, um automóvel compacto pode também emitir mais gases poluentes do que um da categoria utilitário esportivo.

2.4.1 Frota de veículos automotores rodoviários no estado de São Paulo

Dada sua elevada participação tanto na frota estimada de autoveículos quanto na de motocicletas e veículos similares, a saber, respectivamente, 33,5% (2013) e 21,44% (2014), o estado de São Paulo desperta grande interesse quando se trata de estudos relacionados ao aumento da frota de veículos automotores no país. Tal como observado em todo o Brasil, no estado também se observa um aumento da frota circulante estimada de veículos automotores, com participação expressiva principalmente da frota de automóveis (Figura 11). É importante ressaltar que a frota circulante corresponde ao conjunto de veículos que a CETESB:

... estima estarem circulando, independente de constar nos registros do órgão de trânsito. É calculada a partir das vendas de veículos novos nos últimos 40 anos e submetida às curvas de sucateamento. Espera-se que o número desta frota seja maior que a licenciada, pois parte dos veículos circula sem licenciamento e menor que a registrada, uma vez que ela estima o sucateamento de parte dos veículos vendidos (CETESB, 2015, p.24).

Comportamento similar aos dados nacionais também se observa no que se refere ao número de habitantes por veículo no estado de São Paulo: uma queda de 3,98 em 2006 para 2,80 em 2014 (Figura 11). Quando são contrastadas as duas estimativas, no entanto, nota-se, em 2012, uma relação habitantes/veículo menor no estado de São Paulo do que a observada no Brasil como um todo, a saber, respectivamente, 2,93 e 3,98, evidenciando a elevada concentração da frota nesse estado.

Figura 11 - Estimativa da frota circulante de veículos automotores rodoviários por tipo e número de habitantes por veículo no estado de São Paulo – 2006 a 2015

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2015) e SEADE.

De toda a frota circulante estimada de veículos automotores rodoviários no estado de São Paulo, em 2015, os automóveis foram a maioria com representação de 66,30% do total, seguidos das motocicletas (17,05%), comerciais leves (12,98%), caminhões (2,97%) e ônibus (0,71%), conforme a Tabela 3. No que se refere à idade média desta frota, ainda que os automóveis e comerciais leves movidos à gasolina tenham uma idade média alta e superior à dos caminhões e ônibus, é importante ressaltar que estes veículos têm uma participação pequena na frota total de sua categoria, de forma que, no geral, a idade média

de automóveis e comerciais leves seja menor do que a dos demais veículos, com exceção das motos.

Tabela 3 - Dados da frota circulante estimada para o estado de São Paulo em 2015

Categoria		Combustível	Unidades	% do total da frota	% por tipo de veículo	Idade Média (em anos)	
Automóveis		Gasolina C ¹	3.402.645	22,10	66,30	15,5	9,4
		Etanol Hidratado	290.356	1,89		25,1	
		Flex	6.513.018	42,31		5,5	
Comerciais Leves		Gasolina C ¹	624.004	4,05	12,98	11,1	7,8
		Etanol Hidratado	28.440	0,18		24,8	
		Flex	937.122	6,09		5,1	
		Diesel	408.563	2,65		7,9	
Caminhões	Semileves	Diesel	37.684	0,24	2,97	17,1	11,8
	Leves		117.440	0,76		14	
	Médios		68.824	0,45		16,6	
	Semipesados		114.199	0,74		8,6	
	Pesados		118.631	0,77		8,3	
Ônibus	Urbanos	Diesel	64.912	0,42	0,71	10,7	10,9
	Micro-ônibus		14.433	0,09		9,3	
	Rodoviários		29.227	0,19		12,3	
Motocicletas		Gasolina C ¹	2.073.441	13,47	17,05	8,5	7,4
		Flex	551.676	3,58		3,2	
TOTAL			15.394.614	100,00	100,00	8,9	

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2016a).

Nota: ¹ Gasolina C é aquela comercializada nos postos de combustíveis, contendo etanol anidro em percentual definido legalmente e que pode variar entre 18% e 27% em volume, em função da época (CETESB, 2015, p.25).

Ainda que outras variáveis também sejam relevantes como o próprio tamanho da frota, os tipos de veículos existentes, bem como os motores e os combustíveis empregados, a idade média da frota é uma importante variável que pode explicar, por exemplo, alterações nas quantidades emitidas de gases poluentes, no número de vítimas de acidentes etc. Isto porque veículos mais novos são construídos a partir de padrões mais rígidos de qualidade e de emissões se comparados a veículos muito antigos.

No tocante ao tipo de combustível da frota do estado de São Paulo nota-se uma predominância dos veículos movidos à gasolina e com motor *flex*, com participações, em

2014, que somadas corresponderam a quase 92% do total da frota, a saber, 42,35% e 48,94% respectivamente. Para veículos movidos a diesel e a etanol hidratado estes percentuais foram de 6,37% e 2,34.

Além da maior parte da frota circulante de veículos do país estar no estado de São Paulo, observa-se também sua concentração em alguns municípios. Somente no município de São Paulo, por exemplo, estavam concentrados, em 2015, pouco mais 30% de toda a frota do estado (Tabela 4). Na região metropolitana de São Paulo, composta por 39 municípios, estava quase 48% de toda a frota circulante de veículos do estado em 2015.

Tabela 4 - Frota circulante estimada, população e relação habitantes por frota no estado de São Paulo, por região, em 2015

Região	Número de municípios		Frota		População		Hab./Veíc.
	Unidades	%	Unidades	%	Habitantes	%	
Estado	645	100	15.394.614	100	43.046.555	100	2,80
Macrometrópole	174	26,98	11.624.431	75,51	31.973.843	74,28	2,75
RM de São Paulo	39	6,05	7.386.283	47,98	20.443.152	47,49	2,77
Município de São Paulo	1	0,16	4.634.084	30,10	11.581.798	26,91	2,50
RM de Campinas	20	3,10	1.248.383	8,11	3.021.313	7,02	2,42
RM da Baixada Santista	9	1,40	513.080	3,33	1.749.343	4,06	3,41
RM do Vale do Paraíba e Litoral Norte	39	6,05	759.805	4,94	2.383.470	5,54	3,14
RM de Sorocaba	27	4,19	713.374	4,63	1.978.705	4,60	2,77
RM de Ribeirão Preto	34	5,27	591.287	3,84	1.597.377	3,71	2,70

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB (2016a) e da base de dados da SEADE.

Nota: RM = Região Metropolitana.

Os municípios que compõem cada uma das regiões metropolitanas estão nos Anexos A a F.

Nos 174 municípios que compõem a macrometrópole paulista (Figura 12), ou seja, na região que abriga quase 27% dos municípios do estado, 21% do território de acordo com a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA (EMPLASA, 2012), e onde vivem pouco mais de 74% da população estadual, há uma concentração de 75,51% da frota total de veículos do estado. No que se refere à relação habitantes por veículo os menores resultados foram observados para a região metropolitana de Campinas e para o município de São Paulo, conforme Tabela 4.

Figura 12 – Regiões que compõem a macrometrópole paulista

Fonte: CETESB (2016a).

Ainda que três quartos de toda frota estimada circulante de veículos esteja na macrometrópole paulista, alguns municípios fora desta região também se destacam pelo tamanho dessa variável, tal como se observa pela Tabela 5. Em 2015, três dos 15 municípios com as maiores frotas do estado não pertenciam à macrometrópole paulista, a saber, Ribeirão Preto, na sexta posição, São José do Rio Preto, décima posição, e Bauru, 14^a.

A despeito desses três municípios localizados fora da macrometrópole figurarem entre os quinze com as maiores frotas de veículos, é importante observar a grande diferença no tamanho das frotas dos dois primeiros municípios, a saber, São Paulo e Campinas (Tabela 5). Enquanto o primeiro possuía, em 2015, 30,10% de toda frota estadual, o segundo detinha apenas 3,37% deste total, ou seja, São Paulo possuía uma frota quase nove vezes maior do que a de Campinas, segundo município no ranking das maiores frotas de veículos do estado.

Tabela 5 – Os 15 municípios paulistas com a maior frota circulante estimada de veículos automotores rodoviários – 2015

Posição	Mesorregião	Município	Frota total de veículos (unidades)	Hab./ Veículo
1º	Metropolitana de São Paulo	São Paulo	4.634.084	2,50
2º	Campinas	Campinas	519.278	2,18
3º	Metropolitana de São Paulo	Guarulhos	364.573	3,53
4º	Metropolitana de São Paulo	São Bernardo do Campo	342.805	2,31
5º	Ribeirão Preto	Ribeirão Preto	300.137	2,16
6º	Metropolitana de São Paulo	Santo André	287.888	2,38
7º	Macrometropolitana Paulista	Sorocaba	270.101	2,31
8º	Metropolitana de São Paulo	Osasco	242.208	2,78
9º	Vale do Paraíba Paulista	São José dos Campos	241.847	2,78
10º	São José do Rio Preto	São José do Rio Preto	208.576	2,06
11º	Macrometropolitana Paulista	Jundiaí	186.962	2,09
12º	Metropolitana de São Paulo	Santos	171.249	2,47
13º	Piracicaba	Piracicaba	160.235	2,36
14º	Bauru	Bauru	156.986	2,26
15º	Metropolitana de São Paulo	Mogi das Cruzes	133.558	3,08

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da CETESB, IBGE e SEADE.

Quando se considera, no entanto, o tamanho da população comparativamente ao número de veículos em cada município, observa-se uma relação habitantes por veículo mais baixa em municípios que não figuram entre os 15 com as maiores frotas. Pela Figura 13 é possível verificar esta relação nos municípios paulistas, sendo que das 645 cidades do estado 44 apresentaram, em 2015, relação habitantes por veículo inferior a 2,5.

Já entre os 15 municípios paulistas com as maiores relações habitantes por veículos, em 2015, todos possuíam menos de 35 mil habitantes e apresentavam grau de urbanização variando de 32,16% (Balbinos) a 90,2% (São José da Bela vista), sendo a média deste grupo igual a 58,25%. A maior relação habitantes por veículo, em 2015, foi a do município de Barra do Turvo, com valor igual a 10,01.

Figura 13 – Relação habitantes por veículos nos municípios paulistas em 2015

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da CETESB (2016a).

Com relação aos 15 municípios do estado com a menor relação habitantes por veículo, em 2015 (Tabela 6), os cinco primeiros foram respectivamente, São Caetano do Sul (1,66), Vinhedo (1,91), Águas de São Pedro (2,02), Valinhos (2,04) e São José do Rio Preto (2,06), sendo os quatro primeiros pertencentes à macrometrópole paulista. Dos 15 municípios que registram as menores relações habitante/veículo seis não estão localizados nesta macrorregião, a saber, São José do Rio Preto (2,06), Araçatuba (2,12), Ribeirão Preto (2,16), Votuporanga (2,18), Jales (2,25) e Bauru (2,26), sendo três destes pertencentes à mesorregião de São José do Rio Preto. Ainda dentre o grupo selecionado de 15 municípios cinco deles, destacados na Tabela 6, também estavam na relação dos 15 com as maiores frotas. Para o estado todo, a média do número de habitantes por veículos foi de 3,99, em 2015.

Tabela 6 – Os 15 municípios paulistas com a menor relação habitantes por veículo automotores rodoviários e variáveis selecionadas – 2015

Posição	Município	Hab./veículo	Grau de urbanização (%)	Rend. médio do total de Emp. formais (R\$ correntes)	Nº de ônibus ¹ por mil hab.	Densidade demográfica (hab/km ²)
1º	São Caetano do Sul	1,66	100	2.898,41	3,20	9.824,20
2º	Vinhedo	1,91	96,86	2.914,93	1,84	870,53
3º	Águas de São Pedro	2,02	100	1.886,78	2,61	811,08
4º	Valinhos	2,04	95,4	2.890,57	10,31	791,30
5º	São José do Rio Preto	2,06	93,93	2.439,53	2,35	996,18
6º	Jundiaí	2,09	96,52	2.918,53	2,39	906,84
7º	Araçatuba	2,12	98,07	2.182,86	2,62	159,78
8º	Indaiatuba	2,13	98,99	3.062,45	2,03	725,32
9º	Ribeirão Preto	2,16	99,72	2.556,40	1,82	995,30
10º	Votuporanga	2,18	97,2	1.990,65	1,54	210,11
11º	Campinas	2,18	98,28	3.340,16	3,40	1.427,87
12º	Americana	2,19	99,53	2.499,52	2,15	1.666,49
13º	Atibaia	2,20	92,48	2.368,78	2,31	278,86
14º	Jales	2,25	94,1	1.786,73	0,88	127,98
15º	Bauru	2,26	98,33	2.393,25	2,03	531,58
Média do Estado		3,99	85,75	2.016,24	2,35	317,90

Fonte: Elaboração própria a partir de CETESB e SEADE.

Nota: ¹ Inclui ônibus urbanos, micro-ônibus e ônibus rodoviários.

Ainda que distintos fatores possam influenciar no tamanho da frota de veículos de uma região, algumas variáveis foram selecionadas para analisar os municípios presentes na Tabela 6, a saber, grau de urbanização, rendimento médio do total de empregos formais, número de ônibus por mil habitantes e a densidade demográfica. Assim, a partir destas variáveis, verificam-se tratar de municípios com elevado grau de urbanização, superior a 92,48%, valor observado para Atibaia, e com exceção de Águas de São Pedro, Votuporanga e Jales, todos os demais possuíam rendimento médio superior ao da média do estado, sendo que São Bernardo do Campo possuía o nono maior rendimento do estado em 2015.

No que se refere à densidade demográfica, somente Araçatuba, Votuporanga, Atibaia e Jales apresentaram valor inferior ao da média estadual e um dos 15 municípios também estava na lista dos 15 com maior densidade demográfica, em 2015, a saber, São Caetano do Sul, na quinta posição.

Por fim, ainda que não seja uma variável que permita analisar a qualidade do transporte público de cada município, a relação número de ônibus por mil habitantes nos

permite verificar pelo menos a oferta existente de ônibus. De acordo com os dados desta variável (Tabela 6), a maioria dos 15 municípios apresenta valor inferior ao da média estadual, sendo que Valinhos é o município com a segunda maior relação ônibus/mil habitantes do estado.

De acordo com o Plano de Mobilidade de São Paulo (2015) um dos fatores que contribuem para a baixa atratividade do uso do transporte público na capital paulista é o ainda elevado percentual de ônibus que transita por vias compartilhadas, o que faz com que os coletivos percam velocidade, devido ao tráfego, comparativamente ao transporte individual e assim se tornem menos atrativos. Ainda, segundo a fonte supracitada, dos cerca de 4.500 km de vias por onde transitam os ônibus na cidade de São Paulo, apenas 13% contam com corredores ou faixas exclusivas.

Acompanhando a implantação da indústria automobilística, desde a década de 1950, as políticas governamentais brasileiras, sejam elas federais, estaduais ou municipais, foram favoráveis à fabricação e ao uso do automóvel, segundo o Plano de Mobilidade de São Paulo (2015). Dentre estas políticas, teve-se:

... a construção de rodovias, a abertura de grandes vias expressas, o sucateamento de redes de transporte coletivo como a rede de bondes urbanos, a separação de fluxos veiculares por meio de túneis, pontes e viadutos, a adoção de uma engenharia de tráfego voltada à fluidez dos automóveis, os programas de financiamento para aquisição de veículos, o programa de incentivo ao uso do álcool combustível (etanol), subsídios aos combustíveis e às facilidades dadas ao estacionamento e provisão de vagas, entre outras posturas (Prefeitura de São Paulo, 2015, p. 14).

Estas políticas, por conseguinte, intensificaram o uso do transporte individual em detrimento do coletivo. Na região metropolitana de São Paulo, por exemplo, do total de viagens diárias feitas utilizando o modal motorizado, o percentual de utilização do transporte coletivo (metrô, trem, ônibus, transporte fretado, transporte escolar e lotação) foi de 54,3%, em 2012, segundo Pesquisa de Mobilidade do governo do estado (2013). No final da década de 1960 essa participação era próxima de 70%, proporção considerada atualmente a ideal pela prefeitura de São Paulo (2015). Pela Figura 14 é possível observar, desde 1967, o uso cada vez mais intensivo, dentre os usuários que utilizam o modal motorizado, do transporte individual (automóvel, táxi, motocicleta e outros) em detrimento do coletivo. A parcela de viagens motorizadas usando o meio de transporte coletivo atingiu valor mínimo de 47% em 2002, chegando ao início da década de 2010 com participação de 54,3%.

Figura 14 - Divisão modal do transporte motorizado na região metropolitana de São Paulo de 1967 a 2012

Fonte: Elaboração própria a partir de dados das Pesquisas de Mobilidade Urbana de 2002 e 2012.

Ainda segundo os dados da Pesquisa de Mobilidade do governo do estado (2013), do total de viagens diárias na região metropolitana de São Paulo em 2012, 68% foram feitas utilizando meios de transporte motorizados, sendo que os 32% restantes utilizaram modos não motorizados, a saber, bicicleta ou a pé. Quanto maior a renda familiar mensal, maior também foi, em 2012, o uso de transportes motorizados e dentre estes, o transporte individual, conforme Figura 15. De acordo com esta, metade dos indivíduos com renda familiar mensal de até R\$ 1.244 optaram, em 2012, pelo transporte não motorizado, sendo que entre os indivíduos com renda superior a R\$ 1.244 a opção pelo transporte motorizado foi majoritariamente superior, atingindo 84% das viagens diárias de passageiros com renda superior a R\$ 9.330.

Dentre os que optaram pelo transporte motorizado, em 2012, a maioria das viagens diárias de indivíduos com renda familiar mensal inferior a R\$ 4.976 foi feita usando algum meio de transporte coletivo (Figura 15). Conforme a renda aumenta, no entanto, o uso do transporte individual é cada vez mais expressivo. Esta é a opção escolhida em 75,9% das viagens diárias dos indivíduos com renda familiar mensal superior a R\$ 9.330.

Figura 15 - Viagens diárias por modo e renda familiar mensal¹ na região metropolitana de São Paulo em 2012 (%)

Fonte: Elaboração própria a partir de dados das Pesquisas de Mobilidade Urbana (2012).

Nota: ¹ Em reais de outubro de 2012.

Dos 15 municípios com maior frota de veículos e menor relação habitantes por veículo, em 2015, chama a atenção o fato do município de São Paulo estar na primeira lista e com uma participação percentual grande na frota estadual, mas não na segunda. Em 2015, São Paulo foi o 46º município com a menor relação habitantes por veículo, com valor de 2,5. Entre os municípios com indicador inferior ao de São Paulo estão oito com população inferior a 55 mil habitantes, a saber, Águas de São Pedro, Sebastianópolis do Sul, Holambra, Orlândia, Jales, Jaguariúna, Boituva e Nova Odessa e nove com população entre 55 e 100 mil habitantes⁶. No geral, são todos municípios altamente urbanizados⁷ e com rendimento médio do total de empregos formais superior à média estadual (R\$ 2.016,24), com exceção de sete municípios (Votuporanga, Bebedouro, Fernandópolis, Penápolis, Águas de São Pedro, Birigui e Jales).

Ainda que, tal como já ressaltado, distintos fatores possam contribuir para o aumento da frota de veículos de uma localidade, no caso do município de São Paulo é importante destacar a presença do sistema de transporte metroviário, fonte alternativa de transporte, e o desincentivo cada vez maior ao uso do veículo em decorrência dos congestionamentos, o

⁶ São eles: Penápolis, Fernandópolis, Vinhedo, Lins, Bebedouro, São João da Boa Vista, Votuporanga, Mogi Mirim e Paulínia.

⁷ Grau de urbanização superior a 79,36%, sendo este valor referente ao município de Holambra.

que é claro também está presente em outros municípios. Ainda assim, o fato de haver municípios pouco populosos com elevada concentração de veículos, além de intrigante, justifica e reforça a necessidade de estudos a nível municipal, ou seja, atentando para as singularidades de cada um.

2.5 Uso de novas tecnologias: os veículos elétricos e híbridos

Desde que foi inventado, no final do século XIX, o automóvel, se beneficiando de desenvolvimentos provindos de diversas áreas, como engenharia de materiais e eletrônica, se tornou mais seguro, mais leve e também mais eficiente no que se refere à velocidade e potência do motor. Consequentemente à redução de seu peso, obtida devido ao emprego de materiais mais leves, como plástico, alumínio⁸, magnésio, cobre e zinco, o automóvel também se tornou mais econômico no uso de combustível.

No Brasil, o setor rodoviário é o principal modal no transporte de mercadorias, interligando importantes centros produtores aos centros consumidores e também aos portos do país para serem exportadas. Ademais, é por meio dos veículos automotores rodoviários que, por exemplo, pessoas em estado de saúde grave conseguem ser transportadas rapidamente aos hospitais.

A despeito da importância econômico-social adquirida pelos veículos, dado o ainda elevado nível de emissões de gases poluentes por veículos automotores mesmo depois de decorrido mais de um século desde sua invenção, Abramovay (2012) e Hawken *et al.* (2007) classificam a indústria automobilística como ineficiente. Para o primeiro, a ineficiência se traduz no fato de que, apesar de possuir um faturamento equivalente ao da sexta maior economia mundial, a indústria automobilística é um dos segmentos contemporâneos menos inovadores, sendo que as inovações consistem em aspectos que não são relevantes em termos ambientais, a saber, velocidade, potência e peso dos automóveis. Dito de outra forma, portanto, esta indústria ignora o que é realmente importante e necessário: inovações que se reflitam na economia de combustíveis e de materiais. A indústria automobilística é a expressão de duas eras em extinção: a do petróleo e a do ferro, complementa Abramovay (2012).

⁸ De acordo com Araújo e Naveiro (1999) o alumínio e o plástico passaram a ser empregados nos automóveis, respectivamente, já em 1915 e a partir da década de 1950.

Hawken *et al.* (2007) evidenciam a ineficiência energética do automóvel visto que pelo menos 80% de toda energia do combustível consumida pelo veículo é perdida, principalmente nas etapas de aquecimento do motor e por meio do escapamento. Assim, somente os 20% restantes de energia é que são, de fato, utilizados para movimentar as rodas do automóvel, sendo que dessa parcela, 95% são responsáveis por mover o automóvel e, portanto, apenas 5% para mover o motorista, respeitando a proporção de seus respectivos pesos. A ineficiência se traduz no fato de que, como 5% de 20% são iguais a 1%, a cada ano os automóveis americanos estão queimando o seu próprio peso em gasolina, sintetizam os autores.

No tocante às inovações, até meados da década de 1990, a indústria automobilística tornou-se “moribunda”, segundo Hawken *et al.* (2007), que corroboram tal adjetivação com a afirmação de Womack (1999, *apud* Hawken *et al.*, 2007, p.22): “A gente sabe que está em uma indústria estagnada quando a grande inovação do produto, no último decênio, foi acrescentar mais porta-copos”.

Segundo Hawken *et al.* (2007), dado que o automóvel convencional é muito pesado, praticamente todo feito de aço e ineficiente no consumo de combustível, um projeto novo de automóvel deve incluir três mudanças básicas do *design*. De acordo com esses autores essas mudanças, que permitirão uma economia de combustível de pelo menos 70% a 80%, além de tornar o automóvel mais seguro, mais confortável e mais esportivo, são:

1. Tornar o veículo ultraleve, com peso de duas a três vezes menor que o dos carros de aço;
2. Diminuir a resistência oferecida ao seu deslocamento, de modo que ele possa deslizar no ar e rodar na estrada com muito mais facilidade; e
3. Quando os passos um e dois tiverem reduzido à metade ou em dois terços a energia necessária para mover o veículo, tornar sua propulsão “elétrico-híbrida” (HAWKEN *et al.*, 2007, p.22).

O uso de novas tecnologias que possibilitem a não dependência do petróleo como combustível e que emitam menos gases poluentes na atmosfera infelizmente não tem sido o foco das inovações apresentadas pelas indústrias automotoras, tal como ressaltado por Abramovay (2012). A principal tecnologia nesse setor para uma economia de baixo carbono está centrada nos veículos elétricos.

De acordo com Barassa (2015) os veículos elétricos rodoviários, ou seja, veículos que se deslocam em rodovias e estradas, podem ser classificados em veículos elétricos a bateria e veículos elétricos híbridos. No primeiro caso o motor elétrico, alimentado pela energia gerada por baterias recarregadas na rede elétrica, é o único responsável pela

propulsão do veículo. Já nos veículos elétricos híbridos, a energia necessária para a propulsão do veículo pode ser fornecida por distintas fontes, sendo, no entanto, uma delas a eletricidade. Dentre os veículos elétricos híbridos distinção também pode ser feita quanto ao motor/combustível utilizado, a saber, veículos com combustão interna e com célula a combustível.

Nos veículos elétricos híbridos com motor a combustão interna, além da eletricidade, a energia também pode ser gerada pela utilização de combustíveis líquidos (gasolina, álcool e diesel) e gasosos (gás natural). Como o próprio motor a combustão recarrega as baterias, nestes tipos de veículos não há a necessidade de uso da rede elétrica, ainda que existam veículos que possam ser recarregados desta maneira, a saber, os elétricos híbridos *plug-in*. Nos veículos elétricos híbridos a células a combustível, por sua vez, a eletricidade é gerada a partir de células de combustível de hidrogênio. Como não há combustão do hidrogênio, estes veículos não emitem poluentes (BARASSA, 2015).

A despeito da pequena oferta de veículos elétricos e híbridos no mercado mundial, segundo Barassa (2015), o número de patentes de tecnologias relacionadas aos veículos elétricos no mundo é crescente desde 1994, tendo passado de apenas 10 em 1994, para 2.510 em 2012 e 1.857 em 2013, único ano em que houve queda nesta variável durante todo o período. No período de 1994 a 2013, a empresa com o maior número de patentes de tecnologias de veículos elétricos foi a Toyota com 1.900 seguido da Hyundai com 1.062.

No entanto, além da eletricidade, cujas principais vantagens são principalmente a emissão zero de gases poluentes e o baixo ruído do motor, outras fontes de combustíveis limpos estão disponíveis para serem utilizadas nos veículos automotores, tais como etanol, metanol, gás natural liquefeito (metano), gás liquefeito de petróleo (propano) e o biodiesel. Resumidamente, as vantagens e desvantagens de cada uma dessas fontes constam na Tabela 7, elaborada por Thomas e Callan (2012) tendo como referência o mercado dos EUA.

Comparativamente aos veículos com motor a combustão, os elétricos são mais eficientes em termos energéticos já que se reabastecem durante a frenagem e na descida e não gastam energia quando em ponto morto. Ademais, o veículo elétrico tem zero de emissão direta e não necessita de sistemas de transmissão, de injeção de combustível, lubrificação do motor, escapamento, motor de arranque, catalisador, abafamento de ruído, frenagem e refrigeração dispendiosos e sofisticados, fazendo assim com que o custo de um motor elétrico seja muito inferior ao de um movido a combustão (SANTOS *et al.*, 2009).

Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos combustíveis limpos alternativos

Combustível	Vantagens selecionadas	Desvantagens selecionadas
Etanol	Emissões reduzidas de CO e NO _x com relação à gasolina reformulada; produzido no país; é renovável; maior octanagem do que a gasolina	Mais caro do que combustíveis tradicionais; contém menor energia que a gasolina; pode formar vapor explosivo em tanques de combustível; disponibilidade limitada
Metanol	Emissões reduzidas de CO e NO _x com relação à gasolina reformulada; produzido no país a partir de recursos renováveis; índice mais alto de octanagem do que a gasolina	Custos um pouco mais altos baseados no conteúdo energético mais baixo; custo do veículo um pouco mais alto; custos de distribuição mais altos; pode formar vapor explosivo em tanques de combustível; é pouco utilizado
Gás Natural Liquefeito (metano)	Emissões reduzidas de CO e NO _x com relação a alguns combustíveis convencionais; produzido no país; custo mais baixo por km rodado do que o diesel	Custos mais altos para armazenagem e distribuição; preço do veículo mais alto; é necessário manuseio especial para armazenar e reabastecer; as emissões de hidrocarbonetos podem ser maiores; disponibilidade limitada
Gás Liquefeito de Petróleo (propano)	Emissões reduzidas de CO e NO _x com relação à gasolina reformulada; combustível alternativo com maior disponibilidade; octanagem mais alta do que a da gasolina	Veículos de preço mais alto; muito inflamável no estado gasoso; potência mais baixa do que a gasolina
Elettricidade	Emissões do escapamento zero; grande disponibilidade; custo relativamente baixo como combustível e de manutenção; eficiente energeticamente; baixo ruído operacional	Veículos de custo mais alto; alto custo na substituição da bateria de chumbo-ácido; quilometragem limitada considerando uma única carga de bateria
Biodiesel	Emissões reduzidas de MP e de gases do efeito estufa; produzido no país; disponível a granel; menos tóxico, mais biodegradável, baixa volatilidade	Emissões de NO _x podem ser maiores; disponibilidade limitada; mais caro do que o diesel convencional

Fonte: Extraído de Thomas e Callan (2012).

A despeito de todas as vantagens apresentadas frente ao motor a combustão, o preço dos veículos elétricos é encarecido devido ao custo muito elevado das baterias necessárias ao seu funcionamento. No Brasil, outros fatores também encarecem bastante esses veículos, tal como será discutido posteriormente. Assim, esse alto custo fez com que as empresas

produzissem os veículos híbridos de segunda geração que, apesar de possuírem o motor a combustão, também utilizam uma bateria que é carregada por meio do primeiro e principalmente com eletricidade, explicam Santos *et al.* (2009).

O desafio, portanto, está em reduzir o custo das baterias empregadas nos motores elétricos sendo que a partir de então “o carro elétrico custará menos do que os carros convencionais, terá custo de abastecimento muito inferior, desempenho superior em torque e emissão zero de barulho e gases poluentes” (SANTOS *et al.*, 2009, p. 337). Com o desenvolvimento da tecnologia, da produção em massa e de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (RD&D da sigla em inglês), de acordo com a *International Energy Agency* (IEA, 2016), de 2008 a 2015 o custo das baterias diminuiu 73%, sendo que no que se refere à autonomia dos veículos elétricos, os fabricantes acreditam que em breve superarão os 300 quilômetros.

De acordo com Castro *et al.* (2013), dois são os tipos de baterias empregadas nos veículos elétricos a bateria e nos híbridos-elétricos, a saber, a bateria de chumbo-ácido (de baixa voltagem), igual à utilizada nos veículos convencionais, e uma para tração (de alta voltagem). Diferentemente de quando empregada nos veículos a gasolina, a bateria de chumbo-ácido dos elétricos não é carregada pelo próprio alternador do veículo e sim por um conversor DC-DC por meio da bateria para tração.

No caso dos automóveis elétricos e híbridos, segundo Castro *et al.* (2013), observa-se que seu consumo se concentra basicamente em três regiões, Japão, Estados Unidos e Europa, sendo que as participações desses veículos no total de automóveis vendidos, em 2011, corresponderam a 17%, 2,3% e 0,8%, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 - Participação das vendas de veículos elétricos e híbridos sobre as vendas de veículos leves em regiões selecionadas

2011	Vendas de veículos leves (milhões)	Vendas de veículos híbridos (mil)	Vendas de veículos elétricos (mil)	Veículos elétricos e híbridos no total dos vendidos (%)
EUA	12,7	276,6	10,1	2,3
Japão	4,0	666,0	16,7	17,00
Europa	13,1	92,0	9,2	0,80
China	14,5	2,6	5,6	0,06
Brasil	3,5	0,2	-	0,01
Total (regiões selecionadas)	47,8	1.036,0	41,6	2,3

Fonte: Adaptado de Castro *et al.* (2013).

No Brasil não são produzidos veículos leves híbridos o que restringe e dificulta o seu consumo. Ademais, a disponibilidade desses veículos no mercado é muito pequena, o que somado ao fato de estarem voltados ao mercado de luxo, das elevadas tarifas do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e de imposto de importação, faz com que suas vendas sejam também pequenas, como mostrado na Tabela 8, apesar de crescentes. Evidência clara do direcionamento deste mercado ao consumidor de alto poder aquisitivo se traduz no preço de venda desses veículos híbridos e elétricos, variando de R\$ 97.869 a R\$406 mil, segundo conversão feita a partir de informações apresentadas por Castro *et al.*, 2013 e constantes na Tabela 9.

Tabela 9 - Veículos híbridos e elétricos disponíveis no Brasil

Tipo	Híbrido médio	Híbrido completo		Elétrico puro¹				
Modelo	Mercedes S400	Toyota Prius	Ford Fusion	Nissan Leaf	Palio Weekend	Mahindra Reva i	Think City	Mitsubishi i-MiEV
Fabricação	Alemanha	Japão	México	Japão	Brasil	Índia	Finlândia e EUA	Japão
Lançamento no Brasil	Jul. 2010	Jan. 2013	Nov. 2010	Não lançado	2007	2008	2010	2010
Vendas acumuladas até dez. 2011	44	22 ²	175	2 ²	58	9	3	2
Autonomia (km)	945	978	1.120	175	120	80	160	160
Preço	R\$ 406 mil	R\$ 120 mil	R\$ 134 mil	R\$ 114.189,5 ⁴	R\$ 140 mil	R\$ 97.869 ⁴	R\$ 97.869 ⁴	R\$ 200 mil
Velocidade máxima (km/h)	250	180	180	145	100	80	110	130
Consumo (km/l)	10,5	21,7	17,4 ³	-	-	-	-	-

Fonte: Modificado de Castro *et al.* (2013).

¹ Nenhum é vendido ao consumidor, apenas adquirido ou desenvolvido pelos parceiros dos projetos.

² Referência: dez. 2012

³ Segundo os parâmetros da Agência Ambiental Norte-Americana (www.fueleconomy.gov). Segundo os parâmetros do Inmetro, o consumo é de 12,6 km/l. A título de comparação, a versão convencional consome 9,8 km/l.

⁴ Convertidos em reais pela taxa de câmbio de compra, R\$/US\$ 3,2623, de 24 de Maio de 2017.

De acordo com Barassa (2015) outros veículos leves elétricos comercializados no Brasil são das seguintes montadoras e modelos: Renault - Zoe/Twizy, Kangoo Z.E e Fluence Z.E -, Toyota/Lexus - CT 200H -, *Build Your Dreams* (BYD) - BYD e6 -, e BMW (I3). Dos veículos da Renault, segundo Barassa (2015), até o primeiro semestre de 2014 somente 62

veículos foram importados e comercializados no país, sendo que até 2014 nenhum deles foi vendido para usuários particulares⁹.

A inserção dos veículos elétricos no Brasil tem sido feita principalmente por meio de parcerias corporativas e de parcerias com a administração pública, como com a Itaipu Binacional (Programa “Veículos Elétricos Itaipu”), a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) através do projeto Mobilidade Elétrica e com a prefeitura de Curitiba, no estado do Paraná, por meio do projeto *Green Emotion* (BARASSA, 2015).

A prefeitura de Campinas (SP) estabeleceu que pelo menos 10% da frota do transporte coletivo municipal deverá ser constituída por ônibus elétricos, percentagem que será exigida na licitação para a escolha da empresa que operará na cidade. Com isso, pretende-se que o número de ônibus elétricos passe de 11, valor da atual frota, para 150 até 2020. Os veículos que já circulam na cidade possuem 12 metros de comprimento, autonomia de 250 quilômetros, transportam 80 passageiros (22 sentados e 58 em pé) e geram economia de até 78% por quilômetro rodado, se comparado a um veículo similar movido a diesel. Ademais, a chinesa BYD fabrica estes ônibus na própria cidade de Campinas. Vizinho a esta, o município de Hortolândia também poderá operar com uma frota totalmente constituída por ônibus elétricos caso os resultados com o atual modelo operado na cidade, ainda em teste, sejam positivos (COSTA, 2017).

As montadoras Nissan e Toyota também estão fazendo parcerias com o setor governamental, respectivamente, com as prefeituras do Rio de Janeiro e de São Paulo. Para a capital paulista, o intuito é inserir em larga escala o modelo Prius, veículo híbrido mais vendido no país, junto à frota de táxis. Apesar destas, ainda modestas, iniciativas no Brasil, Barassa (2015) ressalta que a maior parte dos veículos elétricos produzidos e comercializados é do tipo não rodoviário, ou seja, incluem bicicletas elétricas, *scooter* elétricas ou veículos elétricos destinados ao transporte em áreas particulares e de uso comercial exclusivo.

Apesar destes esforços, Barassa (2015) conclui que ainda não há claro apoio do Estado brasileiro em tecnologias relacionadas ao veículo elétrico, sendo que por parte das grandes montadoras instaladas no país, a saber, Volkswagen, GMB, Ford, Fiat, Grupo PSA Peugeot-Citroen, Renault-Nissan, Toyota e Honda, nenhuma delas participa da rede de desenvolvimento de novas tecnologias para o veículo elétrico do Sistema Brasileiro de

⁹ Na própria página *online* principal da empresa não constam a venda estes modelos, somente são encontradas informações na área destinada à imprensa.

Tecnologia (SIBRATEC), completa o autor. A grande aposta do Brasil ainda parece estar no etanol enquanto outros países já avançam suas pesquisas nos veículos elétricos. De acordo com a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) os principais obstáculos a serem enfrentados são: a alta carga tributária para os automóveis elétricos, o alto preço das baterias e a própria falta de infraestrutura de eletropostos no país.

Além dos automóveis, veículos de duas rodas e os ônibus também estão passando pelo processo de eletrificação, o que contribuirá ainda mais para a redução das emissões veiculares. Em níveis mundiais a China é a atual líder tanto no mercado elétrico de duas rodas, com uma frota estimada de 200 milhões de unidades, como também na implantação de frotas de ônibus elétricos, com mais de 170 mil unidades em circulação no país (IEA, 2016).

O desincentivo tributário nas importações de veículos híbridos e elétricos, de acordo com Castro *et al.* (2013), resulta do fato de que por não haver uma categoria específica para esses veículos na tabela do IPI eles são classificados na categoria “Outros”, cuja alíquota corresponde a 25%. Ademais por serem importados de países sem acordo automotivo com o Brasil é imputada a alíquota de 30% para o imposto de importação de forma que, como resultado final, os veículos elétricos e híbridos podem ser, muitas vezes, tributados pela alíquota máxima de 55%.

Apesar do desestímulo à importação desses veículos, muitos estados brasileiros oferecem isenção ou redução do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) para proprietários de veículos elétricos. Conforme a Tabela 10, sete estados brasileiros adotam a política de isenção total do IPVA para esses veículos, e outros três concedem reduções no valor desse imposto. Apesar de ser um imposto estadual, metade do valor do IPVA é repassado para o município no qual o veículo está emplacado. No caso do município de São Paulo, para os proprietários de veículos elétricos e híbridos, a partir de decreto assinado pelo prefeito Fernando Haddad, em 21 de agosto de 2015, a prefeitura devolverá ao contribuinte a sua parte do valor do IPVA. Isto, portanto, fará com que tais veículos passem a ter um desconto de 50% no valor do IPVA, de acordo com a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (2015).

Tabela 10 - Incentivos estaduais a veículos elétricos no Brasil

Estado	IPVA	Outros incentivos
Ceará	Isento	-
Maranhão	Isento	-
Pernambuco	Isento	-
Piauí	Isento	-
Rio Grande do Norte	Isento	-
Rio Grande do Sul	Isento	-
Sergipe	Isento	-
Mato Grosso do Sul	Redução de até 70%	-
Rio de Janeiro	Alíquota de 1% (redução de 75% em relação aos automóveis a gasolina)	-
São Paulo	Alíquota de 3% (redução de 25% em relação aos automóveis a gasolina)	Veículos elétricos não participam do rodízio de placas do município de São Paulo.

Fonte: Castro *et al.* (2013).

No Brasil desde 2003 são produzidos veículos com tecnologia *flex-fuel* ou *flex*, aqueles cujo sistema mecânico possibilita o uso de gasolina C, etanol hidratado ou ainda qualquer mistura entres esses dois tipos de combustíveis. O etanol hidratado constitui-se no álcool etílico cujo teor de água é próximo de 5% em volume; é produzido no Brasil a partir da cana-de-açúcar e é um combustível renovável (CETESB, 2014).

No que se refere especificamente ao mercado brasileiro de automóveis, de acordo com pesquisa de Souza (2015), ele é muito concentrado dado que as empresas líderes de vendas são as mesmas desde a chegada do automóvel ao país. Para o ano de 2013, os índices de concentração de mercado das três (CR₃) e das quatro (CR₄) maiores empresas indicaram uma participação de, respectivamente, 63,39% e 72,34% (SOUZA, 2015). Apesar de se tratar de um bem de consumo durável, cuja venda está muito influenciada pela estética, ergonomia, *design*, confiabilidade e principalmente pela marca da empresa e pelo consequente *status* que a exibição do bem proporciona ao consumidor, a empresa que desenvolver tecnologia eficiente no uso de combustível sem que isso implique em aumento substancial no preço do produto, poderá conquistar maior participação no mercado, ressalta a autora. Isso, por sua vez, abre a possibilidade de empresas menos reconhecidas conquistarem novos consumidores e assim, diminuírem a concentração do mercado.

O grande obstáculo para as novas empresas, no entanto, são as vantagens que as empresas já estabelecidas no mercado possuem, principalmente no que se refere à tradição da marca das montadoras, visto que isto se traduz em confiança por parte dos consumidores,

o que é justificável quando se trata de bens de consumo durável de alto valor, como os automóveis. Estas vantagens de certa forma funcionam como barreiras à entrada.

2.6 Emissões de gases poluentes e outros impactos gerados pelos veículos automotores rodoviários

Apesar dos benefícios gerados desde a invenção do automóvel, como a facilidade do transporte tanto de carga quanto de passageiros e a diminuição do tempo de viagem, é importante destacar, no entanto, que também trouxeram consigo vários malefícios, alguns mais conhecidos pela população em geral do que outros. Um dos exemplos mais notáveis é a geração de congestionamentos, o que, por sua vez, fez com que o tempo de viagem aumentasse e em alguns casos tornando o trajeto mais demorado do que a marcha a pé. Ou seja, atualmente, nem sempre o uso do veículo automotor rodoviário é sinônimo de deslocamento mais rápido.

Além dos congestionamentos, a poluição tanto do ar quanto sonora gerada pelos veículos e a consequente piora na qualidade de vida da população são outros exemplos visíveis de externalidades provocadas pelo uso dos veículos automotores. Além destas externalidades, há outras que apesar de menos conhecidas são também muito importantes, como a geração de resíduos sólidos. Assim, nesta seção serão abordados alguns dos impactos provocados pelo uso dos veículos.

De acordo com CETESB (2015), as emissões de gases poluentes de um veículo automotor ocorrem de três maneiras: pela queima de combustível do motor (emissão de escapamento), pela evaporação do combustível armazenado no veículo, seja durante o uso ou o repouso do veículo, (emissão evaporativa), e por gases gerados durante o processo de abastecimento do tanque de combustível do veículo (emissão de abastecimento). Esta última forma de emissão passou a ser analisada com mais detalhes pela CETESB a partir de 2015.

As emissões de escapamento são responsáveis pela liberação na atmosfera de distintas substâncias, dentre as quais podem se citar monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarbonetos (HC), aldeídos (RCHO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP). As emissões evaporativas são constituídas pelos hidrocarbonetos (THC) e ocorrem durante os seguintes processos (BRASIL, 2011):

- Emissões diurnas: são as originadas no sistema de alimentação de combustível estando o veículo em repouso. Elas ocorrem em decorrência das mudanças de temperatura ambiente ao longo de todo o dia. À medida que a temperatura aumenta, eleva-se o escape de vapores de combustível, tanto pela permeabilidade própria dos materiais empregados quanto pela estanqueidade imperfeita de conexões;
- Perdas em movimento: são as emissões que ocorrem enquanto o veículo está em circulação. Assim como no caso das emissões diurnas, também são geradas devido ao aumento da pressão e da temperatura do combustível;
- Emissões evaporativas do veículo em repouso com o motor quente: são geradas após o uso do veículo e “caracterizam-se pelo fato do combustível estar parado e despressurizado, porém ainda aquecido devido à circulação no período em que o veículo estava em funcionamento e ao calor residual desprendido do motor” (BRASIL, 2011, p.19).

As emissões de abastecimento, por sua vez, acontecem porque os vapores contidos no tanque de combustível dos veículos são expulsos quando ele é preenchido com combustível líquido. Conforme se observa na Figura 16, os vapores escapam por meio do próprio tubo de enchimento do tanque, o que ocorre em volume equivalente ao de abastecimento (CETESB, 2015).

Figura 16 - Emissões evaporativas de combustível durante o processo de abastecimento do veículo

Fonte: CETESB (2015).

De acordo com projeções da CETESB (2015) para a macrometrópole Paulista, na ausência da implantação de medidas de controle, por volta do ano de 2022 as emissões de

hidrocarbonetos não metano (NMHC) geradas durante o processo de abastecimento do tanque de combustível dos veículos igualará as emissões, desse mesmo gás, dos veículos, ou seja, emissões de escapamento e emissões evaporativas. As projeções da CETESB estão representadas na Figura 17, e *ceteris paribus*, indicam que, em 2030, as emissões de abastecimento superarão significativamente as dos veículos, contribuindo para interromper a tendência de queda das emissões totais de hidrocarbonetos não metano observada desde 2006.

Figura 17 - Estimativas de emissões de hidrocarbonetos não metano (NMHC) de veículos e de abastecimento na macrometrópole paulista – Brasil (2006-2030)

Fonte: CETESB (2015).

Ainda que a CETESB não especifique como foram feitas as projeções das emissões de abastecimento, provavelmente deve-se estar considerando os aumentos esperados no consumo de combustíveis para os próximos anos. Somado ao fato de se observar um aumento dos emplacamentos de veículos mais potentes no Brasil (FENABRAVE, 2017a,b), as projeções da CETESB sinalizam, desconsiderando avanços na autonomia dos veículos e o uso de combustíveis mais limpos, uma maior pressão de carga ao planeta no que se refere às emissões de gases poluentes.

Em todo o estado de São Paulo, de acordo com CETESB (2016a), em 2015 foram emitidas as seguintes quantidades de poluentes tóxicos veiculares: 366 mil toneladas de CO, 79 mil toneladas de NMHC, 5,5 mil toneladas de MP, 197 mil toneladas de NO_x, 4,7 mil toneladas de SO₂ e 1,6 mil toneladas de aldeídos. A macrometrópole paulista contribuiu, em média, com 60% do total das emissões supracitadas. De acordo com CETESB (2016a), as emissões em 2015 foram menores do que as de 2014 devido à crise na economia, o que

reduziu a atividade veicular e consequentemente, o consumo de combustível. A evolução, de 2006 a 2015, das emissões veiculares de todos os gases inventariados pela CETESB (2016a) pode ser observada na Figura 18.

Figura 18 - Evolução das emissões veiculares no estado de São Paulo – 2006 a 2015

Fonte: CETESB (2016a).

A evolução das emissões apresentadas na Figura 18 evidencia uma paulatina e lenta redução das emissões ao longo do período e demonstra que, apesar dos fatores de emissão de veículos novos estarem decrescendo e da queda na idade média da frota de veículos automotores no estado, outras variáveis como o aumento da frota, os congestionamentos e as emissões de abastecimento podem reduzir os ganhos provenientes de avanços tecnológicos. Em virtude da redução drástica do teor de enxofre presente na gasolina e no diesel, a redução mais expressiva a partir de 2013 foi a desses compostos. O decréscimo nas emissões de GEE (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso), por sua vez, se justifica principalmente pelo maior uso do etanol como substituto da gasolina e pela redução do consumo de diesel (CETESB, 2016a).

Ademais, outro fator que também contribui para o aumento das emissões é o número de veículos mais antigos que ainda circulam no estado. Segundo dados da CETESB (2016a), disponíveis na Figura 19, a frota circulante de veículos automotores com mais de 20 anos, em 2015, apesar de ter sido estimada em apenas um milhão de unidades, representando

pouco mais de 8% da frota total, foi responsável por 42% das emissões de gases poluentes daquele ano. Os veículos com menos de dez anos, por sua vez, mesmo sendo 68,28% da frota, foram responsáveis por 33% das emissões. O eixo horizontal da Figura 19 indica a fase de L1 a L6 do PROCONVE, de forma que torna possível a verificação da etapa do programa que vigorava quando os respectivos veículos passaram a circular no estado.

Figura 19 - Participação percentual da emissão em função da idade do veículo automotor e da fase do PROCONVE no estado de São Paulo em 2015

Fonte: CETESB (2016a).

Assim, como a frota de veículos automotores rodoviários com mais de dez anos tem parcela expressiva na emissão de gases poluentes do estado, o objetivo desta pesquisa é mais uma vez evidenciado e ganha foco, já que possibilita examinar as emissões municipais em localidades onde há grandes frotas com mais de 10 anos.

As emissões de gases poluentes no ar, principalmente nos grandes centros urbanos, podem acarretar diversos problemas tanto na saúde da população quanto no meio ambiente como um todo, tal como se pode observar na Tabela 11. Ademais, de acordo com estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2012 cerca de sete milhões de pessoas no mundo morreram devido à exposição à poluição do ar (UNEP, 2015). Para o estado de São Paulo, se os atuais níveis de poluição do ar se mantiverem, Vormittag e Saldiva (2017) estimam, para os próximos 15 anos, 250 mil mortes precoces e 1 milhão de internações hospitalares, o que resulta também em gastos públicos de mais de R\$ 1,5 bilhão.

Tabela 11 - Descrição dos principais gases poluentes, suas fontes e efeitos

(continua)

Poluentes	Descrição	Fontes	Efeitos
Aldeídos (RCHO)	Compostos químicos resultantes da oxidação parcial dos álcoois ou de reações fotoquímicas na atmosfera, envolvendo hidrocarbonetos	São emitidos na queima de combustível em veículos automotores, principalmente nos que utilizam etanol. Os aldeídos emitidos pelos carros são o Formaldeído e o Acetaldeído (predominante)	Principais: irritação das mucosas, dos olhos, do nariz e das vias respiratórias em geral e podem causar crises asmáticas, são ainda compostos carcinogênicos potenciais
Dióxido de enxofre (SO ₂)	É um gás tóxico e incolor, pode ser emitido por fontes naturais ou por fatores antropogênicos e pode reagir com outros compostos na atmosfera, formando material particulado de diâmetro reduzido	Fontes naturais, como os vulcões, contribuem para o aumento das concentrações de SO ₂ no ambiente, porém na maior parte das áreas urbanas as atividades humanas são as principais fontes emissoras. A emissão antropogênica é causada pela queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre em sua composição. As atividades de geração de energia, uso veicular e aquecimento doméstico são as que apresentam emissões mais significativas	Saúde: agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares, decorrentes de problemas respiratórios. São precursores da formação de material particulado secundários Ambiente: podem reagir com a água na atmosfera formando chuva ácida
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	É um gás poluente com ação altamente oxidante, sua presença na atmosfera é fator chave na formação do ozônio troposférico. Além de efeitos sobre a saúde humana apresenta também efeitos sobre as mudanças climáticas globais	Naturais: vulcanismos, ações bacterianas e descargas elétricas. Antropogênicas: processos de combustão em fontes móveis e fixas. As emissões naturais são em maior escala que as antropogênicas, porém, em razão de sua distribuição sobre o globo terrestre, tem menor impacto sobre as concentrações deste poluente nos centros urbanos	Saúde: altas concentrações podem levar ao aumento de internações hospitalares, decorrente de problemas respiratórios, problemas pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos. Ambiente: pode levar a formação de smog fotoquímico e a chuvas ácidas

(conclusão)

Hidrocarbonetos (HC)	Compostos formados de carbono e hidrogênio e que podem se apresentar na forma de gases, partículas finas ou gotas. Podem ser divididos em: THC - hidrocarbonetos totais; CH ₄ - hidrocarboneto simples, conhecido como metano; NMHC - hidrocarbonetos não metano, compreendem os HC totais (THC) menos a parcela de metano (CH ₄)	Provêm de uma grande variedade de processos industriais e naturais. Nos centros urbanos as principais fontes emissoras são os carros, ônibus e caminhões, nos processos de queima e evaporação de combustíveis	São precursores para a formação do ozônio troposférico e apresentam potencial causador de efeito estufa (metano)
Material particulado (MP)	É uma mistura complexa de sólidos com diâmetro reduzido, cujos componentes apresentam características físicas e químicas diversas. Em geral o material particulado é classificado de acordo com o diâmetro das partículas, devido à relação existente entre diâmetro e possibilidade de penetração no trato respiratório	Principais: queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa vegetal, emissões de amônia na agricultura e emissões decorrentes de obras e pavimentação de vias	Estudos indicam que os efeitos do material particulado sobre a saúde incluem: câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma, aumento de internações hospitalares e podem levar à morte
Monóxido de carbono (CO)	É um gás inodoro e incolor, formado no processo de queima de combustíveis	É emitido nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para realizar a queima completa do combustível. A maior parte das emissões em áreas urbanas é decorrente dos veículos automotores	Tem alta afinidade com a hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e reduzindo a alimentação deste ao cérebro, coração e para o resto do corpo, durante o processo de respiração. Em baixa concentração causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte

Fonte: Elaboração própria a partir de Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2015a).

As emissões de gases poluentes geram impactos na saúde tanto de seres humanos quanto de animais, sendo que um dos efeitos imediatos é o aumento de problemas respiratórios na sociedade, principalmente em crianças e idosos. De acordo com Castro (2013), no Brasil e no mundo, um dos maiores causadores de poluição do ar é o setor de transportes, sendo que um dos métodos de análise dos custos da poluição atmosférica é o método dos gastos defensivos, que busca medir apenas a perda direta de renda, como os salários perdidos devido às ausências, em dias, nos postos de trabalho ou à morte prematura, e os gastos adicionais.

Outra abordagem possível é a análise dos gastos hospitalares, morbidade e mortalidade. O cálculo dos gastos hospitalares é obtido multiplicando o valor hospitalar gasto por internação resultante de um óbito pela quantidade de óbitos associados à poluição do ar. A perda por morbidade, ou seja, a produção sacrificada das pessoas que foram a óbito em decorrência da poluição do ar, é dada pela razão entre o tempo de permanência hospitalar destas pessoas e rendimento médio delas, estimados segundo o nível de instrução, captando assim as diferenças de renda de cada caso que resultou em óbito. A partir do tempo médio de permanência no hospital de pessoas com doenças do aparelho respiratório, estima-se a perda de dias de trabalho.

Em seu estudo, Motta e Mendes (1995) utilizaram os dados de tempo médio de permanência hospitalar do Sistema Integrado de Tratamento Estatístico de Séries Estratégicas (Síntese) e de rendimento médio da população economicamente ativa (PEA) da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD). Para as cidades analisadas, Rio de Janeiro, São Paulo e Cubatão, os autores supracitados estimaram em, respectivamente, US\$ 65 mil (1989), US\$ 351 mil (1984) e US\$ 71 mil (1988), o custo da produção sacrificada em decorrência da morbidade ou do número de dias de trabalho sacrificado, a dólares correntes de 1989.

Em trabalho aplicado, Knight e Young (2006) analisaram o custo da poluição do ar gerado apenas pelos ônibus urbanos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Para tanto, os autores supracitados estimaram o quanto da concentração do poluente Material Particulado (MP_{10}) presente na RMSP era gerada pelos ônibus urbanos, a saber, $6,4 \mu g/m^3$. O impacto na saúde, encontrado por estes autores, foi que dada uma redução de $6,4 \mu g/m^3$ na concentração de MP_{10} , haveria uma redução nas internações por problema respiratório de 1.306, o que considerando um custo por internação de R\$ 575,27, resultaria em um custo total de R\$ 751.076,86, a valores de 2005.

Além do custo das internações hospitalares decorrentes de problemas respiratórios, o impacto econômico da poluição excessiva também pode ser mensurado considerando os dias

de trabalho perdidos pelas pessoas que não puderam comparecer aos seus respectivos trabalhos em decorrência dos níveis de poluição do ar. Tomando como referência a concentração de MP_{10} presente no ar, Knight e Young (2006) estimaram, a partir de metodologia desenvolvida no Banco Mundial por Lvovsky *et al.* (2000), a parcela dos dias de trabalho perdidos devido à elevada concentração deste poluente. O impacto das emissões de MP_{10} geradas por ônibus urbanos na RMSP foi de 6.256.000 dias perdidos, o que considerando um custo por dia de R\$ 85,04 resultou em um total de R\$ 532.027.611,91 para o ano de 2004.

Além dos efeitos para a saúde humana, é imprescindível ressaltar que as emissões de gases poluentes na atmosfera, independente da fonte geradora, causam importantes impactos ambientais nos ecossistemas, podendo afetar diretamente a vegetação, a fauna, a qualidade da água e do solo e os serviços ecossistêmicos (EEA, 2017). Além disto, a poluição do ar também pode contribuir para as alterações climáticas, bem como prejudicar, por exemplo, edifícios e obras de arte, devido à possibilidade de corrosão, biodegradação, sujeira, intemperismo e desbotamento de cores. De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (EEA, da sigla em inglês, 2017), tal condição pode resultar em perdas históricas e culturais em decorrência dos impactos sobre o patrimônio cultural da humanidade.

Para além das emissões de gases poluentes na atmosfera, os veículos automotores rodoviários também geram outros impactos econômicos, ambientais e sociais aos países, tais como os descritos na Tabela 12. O congestionamento crescente e problemático de veículos automotores rodoviários, tão característico de grande parte das regiões metropolitanas do mundo e atualmente também perceptível em cidades interioranas, é um dos efeitos econômicos mais visíveis e preocupantes devido à necessidade de se pensar em um novo desenho estrutural para as cidades e também em decorrência dos acidentes provocados pelo nível crescente destes veículos nas cidades.

Tabela 12 - Impactos do setor de transportes na sustentabilidade

Impactos do Transporte na Sustentabilidade		
Econômico	Social	Ambiental
Congestionamento de tráfego	Inequidade dos impactos	Poluição do ar, água e solos
Barreiras na mobilidade	Mobilidade	Perda do habitat natural
Acidentes	Impactos na saúde	Poluição sonora e visual
Infraestrutura + Custos	Qualidade de vida	Depleção dos recursos naturais
Depleção dos recursos naturais		

Fonte: Modificado de Ministério do Meio Ambiente apud CNT (2009).

De acordo com Abramovay (2012), reportagens mostram que, em momentos de trânsito na cidade de São Paulo, frequentemente a marcha a pé é mais rápida do que o transporte de carro. Ademais, 32% das pessoas de municípios brasileiros com mais de 100 mil habitantes levam mais de uma hora por dia para chegar ao trabalho, complementa o autor.

De acordo com Castro (2013) os custos de congestionamento incluem: a) o acréscimo de tempo de viagem de pessoas e veículos comerciais; b) custos de consumo de combustível e demais custos operacionais gerados pela redução de velocidade; c) o aumento da variabilidade do tempo de viagem; e d) o aumento do desgaste de motoristas e passageiros.

Estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em parceria com a Associação Nacional de Transporte Público (ANTP), para a cidade de São Paulo, considerando o consumo de combustível e também a emissão de poluentes, estimou um aumento nas despesas geradas pelos congestionamentos, de R\$ 7 bilhões, em 2002, para R\$ 10 bilhões em 2012. Ainda para este período, observou um crescimento também no custo do tempo perdido nos congestionamentos, de R\$ 10,3 bilhões para R\$ 30,2 bilhões (CINTRA, 2013).

Por meio de simulações com um modelo espacial de equilíbrio geral computável, Haddad e Vieira (2015) concluíram que uma redução generalizada de 27,63% no tempo de viagem de um trabalhador da região metropolitana de São Paulo, proporcionaria um aumento potencial de 15,75% na produtividade dos trabalhadores dessa região, com variações de 12,6% a 18,9% por município de destino. Esse aumento de produtividade, no longo prazo, poderia resultar em um Produto Interno Bruto (PIB) 2,83% (aproximadamente R\$ 110 bilhões) maior do que o obtido em 2010. Além destes benefícios, o nível de consumo real da população também seria 2,83% (R\$ 64,5 bilhões) maior nestas condições.

Nos Estados Unidos, de acordo com Hawken *et al.* (2007), os acidentes de trânsito geram um custo de 90 bilhões de dólares por ano, matam mais de 40 mil pessoas, valor superior às mortes provocadas pelo diabetes ou o câncer de mama, além de ferir cinco milhões. A nível global os autores estimam que, em breve, os desastres de automóvel deixem de ser a quinta maior causa de óbitos passando ao terceiro lugar nesta lista. Atualmente esses acidentes levam a óbito, todos os anos, meio milhão de pessoas e ferem 15 milhões.

Outro impacto gerado pelos veículos automotores que é muito importante mas infelizmente pouco discutido é a formação de grandes “cemitérios” de veículos velhos, ou seja, a enorme quantidade desses que são abandonados após o fim de sua vida útil. Minimizar os resíduos gerados pelos veículos e torna-los mais recicláveis, no entanto, é uma tarefa difícil devido à grande diversidade de materiais que são utilizados na produção destes meios de

transporte. Materiais estes que em muitos casos não são facilmente separáveis apesar de serem feitos de compostos reconhecidamente recicláveis como o plástico e o alumínio. Isto ocorre porque, segundo Medina (2001), o automóvel é produzido a partir de 20 a 25 mil peças de distintos materiais e utiliza mais de 40 tipos de plásticos diferentes, dificultando assim a separação do que pode ser reciclado.

Apesar de atualmente todos os materiais presentes nos veículos serem tecnicamente recicláveis isso não garante que eles serão de fato reciclados pois a reciclagem de um material além de poder não apresentar viabilidade econômica, ainda pode fazer com o que o material perca suas propriedades essenciais durante o processo, inviabilizando o seu uso em determinadas atividades. Conforme ressaltam Medina e Gomes (2003, p.32), um material reciclável "é aquele que tem aptidão técnica para ser reciclado o que não assegura, portanto que ele efetivamente o será".

Ademais é importante ressaltar que os materiais automotivos reciclados dificilmente serão utilizados pela própria indústria automobilística e mesmo que o sejam não será na mesma função e uso anteriores. Isto devido às próprias características requeridas de um veículo, a saber, segurança e durabilidade, conceitos que exigem que os materiais empregados em sua produção sejam de elevada qualidade e de grande resistência.

Além do plástico, outro material que, após ser reciclado, dificilmente é utilizado dentro da própria indústria automotiva é o alumínio. Isto porque apesar do alumínio apresentar o que Kiperstok (2000) classifica como reciclabilidade "vertical", ou seja, poder ser dado ao material reciclado o mesmo emprego que antes da reciclagem, no que se refere ao alumínio automotivo isso não ocorre já que a reciclagem dele sempre gera perda de qualidade, impedindo, portanto, que ele seja utilizado na produção dos veículos na mesma proporção e no mesmo uso que inicialmente.

A qualidade do alumínio automotivo reciclado é menor devido à presença de resíduos contaminantes, o que degrada as propriedades originais do alumínio e dificulta seu uso pela indústria automobilística, tal como se observa na Tabela 13.

Tabela 13 - Impurezas no alumínio e os principais impactos na qualidade após a reciclagem

Impurezas nas ligas de alumínio	Consequências sobre o alumínio reciclado
Ferro, Zinco, Chumbo e Estanho	Fragilizam o metal e o desvalorizam
Cobre	Diminui a resistência à corrosão da liga
Magnésio	Enrijece e torna a liga mais oxidável
Cálcio e Sódio	Oxidam-se e tornam a liga viscosa

Fonte: Medina (2007).

O alumínio, assim como os plásticos, passou a ser utilizado crescentemente nos automóveis por ser um material mais leve do que o ferro e aço. Dado que a intensificação da eletrônica embarcada aumenta o peso dos veículos, o uso de materiais de baixa densidade tornou-se imprescindível para diminuir ou pelo menos contrabalancear esse aumento.

Assim, se por um lado o uso de materiais mais leves fabricados com diversos elementos, como as ligas de alumínio, reduz o peso dos automóveis; por outro, dificulta o processo de reciclagem dos materiais empregados nos mesmos. Com isso fica evidente, como ressaltado por Souza (2010), que em seu processo produtivo, a indústria automobilística sempre exercerá pressão de carga sobre o planeta, ou seja, sobre os recursos naturais ainda nele existentes, dificultando assim o processo de transição das sociedades para uma economia verde.

A insustentabilidade no consumo de veículos automotores rodoviários individuais, portanto, tornou-se uma questão importante a ser discutida por governantes das cidades, especialistas em planejamento urbano e pela população. Ademais, não somente a insustentabilidade no consumo dos veículos deve ser repensada, mas também a estrutura das cidades visto que, como ressaltam Hawken *et al.* (2007), deve-se concentrar os lugares onde as pessoas moram, trabalham, realizam suas compras e se divertem a uma distância que gaste cinco minutos de caminhada, tempo este observado em regiões que crescem organicamente. Assim, como sintetiza Alan Durning, do Northwest Environment Watch, “a maioria das pessoas acredita que a alternativa para os automóveis é o transporte coletivo melhor – na verdade, são os bairros melhores”, de forma que seja possível tornar o carro “um acessório da vida, não seu princípio organizacional central” (HAWKEN *et al.*, 2007, p.44).

Para Abramovay (2012) até mesmo a própria indústria automobilística já se atenta para a constatação de ser cada vez mais difícil conciliar o aumento da frota de veículos com a sensação de bem-estar associada ao uso deste meio de transporte, considerando os limites físicos das cidades. Exemplificação deste fato é demonstrado por Phill Patton, comentando o prêmio Audi Futuro Comum, ao evidenciar que “a indústria automobilística enfrenta um problema reputacional cuja natureza se aproxima daquela que marca as companhias de tabaco” (ABRAMOVAY, 2012, p.76).

2.7 Legislação no Brasil: iniciativa para conter as emissões de gases poluentes

Em consequência dos números crescentes da frota de veículos automotores no Brasil na década de 1980, bem como devido às precárias situações de manutenção desta frota, foi instituído em 1986, por meio da Resolução nº 18 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o PROCONVE definiu os primeiros limites de emissão de poluentes para veículos leves no país o que, ao tornar obrigatória a redução dos níveis de emissão de origem veicular (Lei nº 8.723, de 28/10/1993), contribuiu para o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes tanto de combustíveis quanto de motores e autopeças.

Com o crescimento das motocicletas e veículos similares e seu perfil de utilização, predominantemente no segmento de entregas em regiões urbanas, tornou-se primordial a implementação de um programa de controle da poluição do ar para este segmento de veículo automotor. Nas grandes metrópoles estima-se que um carro percorra em média 30 quilômetros por dia, enquanto as motocicletas de entrega rodam até 180 quilômetros, o que consequentemente faz com que as emissões de motocicletas sejam expressivas (BRASIL, 2015b). Assim, foi criado em 2002, pela Resolução nº 297 do CONAMA, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT) com o objetivo de estender para os motociclos e veículos similares o controle estabelecido pelo PROCONVE, de forma a reduzir as emissões de poluentes também por essas fontes móveis.

Tanto para o PROMOT quanto para o PROCONVE são definidas “fases” para a implantação das normas definidas. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2015b, p.1) as fases são os “interregnos de tempo entre a vigência de um determinado limite de emissão dado pela legislação e a entrada em vigor de novos limites mais restritivos”. Na Tabela 14 é possível identificar as fases, o período em que foram estabelecidas, suas principais características e as inovações tecnológicas implementadas.

Tabela 14 - Implantação, características e inovações tecnológicas de cada uma das fases do PROMOT e PROCONVE – Categorias: veículos leves (L), veículos pesados (P) e motocicletas e veículos similares (M)

(continua)

Veículos leves			
Fases	Implantação	Características	Inovações tecnológicas
L-1	1988-1991	Eliminação dos modelos mais poluentes e aprimoramento dos projetos dos modelos já em produção. Início do controle das emissões evaporativas	Reciclagem dos gases de escapamento para controle das emissões de NO _x ; injeção secundária do ar no coletor de exaustão para o controle de CO e HC; implantação de amortecedor da borboleta do carburador para controle do HC e a otimização do avanço da ignição
L-2	1992-1996	Investimentos na adequação de catalisadores e sistemas de injeção eletrônica para uso com mistura de etanol, em proporção única no mundo	Injeção eletrônica; carburadores assistidos eletronicamente e conversores catalíticos. Em 1994, início do controle de ruído dos veículos
L-3	1997-2004	Ocorreram reduções bastante significativas em relação aos limites anteriores em face da exigência de atender aos limites estabelecidos em 01/01/1997 (Resolução CONAMA 15 de 1995)	O fabricante/importador empregou as melhores tecnologias disponíveis para a formação de mistura e controle eletrônico do motor como, por exemplo, o sensor de oxigênio (denominado “sonda lambda”)
L-4	2005-2008	Prioridade: redução das emissões de HC e NO _x (substâncias precursoras de Ozônio), tendo como referência a Resolução CONAMA nº315 de 2002	Desenvolvimento de motores com novas tecnologias como a otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos de injeção, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica
L-5	2009-2013	Prioridade: redução das emissões de HC e NO. Nesta fase deu-se a redução de 31% das emissões de hidrocarbonetos não-metano para os veículos leves do ciclo Otto e de 48% e 42% para as emissões de NO _x para os veículos leves do ciclo Otto e Diesel, respectivamente. Além disso, as emissões de aldeídos foram reduzidas em, aproximadamente, 67% para os veículos do ciclo Otto	Otimização da geometria da câmara de combustão e dos bicos, o aumento da pressão da bomba injetora e a injeção eletrônica

(conclusão)

Veículos pesados			
Fases	Implantação	Características	Inovações tecnológicas
P-1 e P-2	1990-1993	Nesse período, os limites para emissão gasosa (fase P-1) e material particulado (fase P-2) não foram exigidos legalmente	Já em 1990 estavam sendo produzidos motores com níveis de emissão menores que aqueles que seriam requeridos em 1993 (ano em que teve início o controle de emissão para veículos deste tipo com a introdução das fases P-1 e P-2)
P-3	1994-1997	Nesta fase de seu uma redução drástica das emissões de CO (43%) e HC (50%)	Desenvolvimento de novos modelos de motores visaram a redução do consumo de combustível, aumento da potência e redução das emissões de NO _x por meio da adoção de <i>intercooler</i> e motores turbo
P-4	1998-2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P-3	
P-5	2003-2008	Objetivo: redução de emissões de material particulado, NO _x e HC	
P-6	2009-2011	Objetivo principal: redução de emissões de material particulado (MP), NO _x e HC	
Motociclos e veículos similares			
Fases	Implantação	Características	Inovações tecnológicas
M-1	2003-2005	Estabeleceu os limites iniciais máximos de emissão de gases de escapamento pra ciclomotores novos (veículos de duas rodas e seus similares, providos de um motor de combustão interna, cuja cilindrada não exceda a cinquenta centímetros cúbicos	
M-2	2006-2008	Iniciou a segunda fase com reduções drásticas dos limites estabelecidos pela 1ª fase (CO = redução de 83% na emissão; Hidrocarbonetos + NO _x = redução de 60%)	
M-3	2009 em diante	Contemplou todos os modelos de ciclomotores, motociclos e veículos similares novos e veículos em produção. Nesta fase, também ocorre uma redução significativa das emissões de poluentes sendo, em alguns casos, superiores a 50% dos limites previstos na fase anterior	

Fonte: Adaptado de Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2015 b, c).

Em 2009, por meio da Resolução CONAMA nº 418, foram estabelecidos 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. No Brasil duas regiões realizam a inspeção veicular, a saber, o estado do Rio de Janeiro, desde 1997, e o município de São Paulo, desde 2008 (CETESB, 2014b). Segundo pesquisa do Instituto Saúde e Sustentabilidade (2013), a inspeção veicular na cidade de São Paulo reduziu em 28% a emissão de material particulado em 2011, onde foram examinadas 75% da frota. Como a inspeção de material particulado ocorre apenas para veículos movidos a diesel, os efeitos da inspeção veicular são ainda maiores.

No estado de São Paulo, o Plano de Controle da Poluição Veicular (PCPV) 2011/2013, apresentado em 2011, propôs a adoção de diversas medidas para promover o controle das emissões veiculares, tais como: inspeção ambiental, fiscalização, gestão de frotas, incentivo à manutenção preventiva e qualificada. As ações de controle listadas no PCPV para o período 2014-2016 foram: seleção de áreas prioritárias, inspeção ambiental de veículos, fiscalização de fumaça dos veículos a diesel, aperfeiçoamento da fiscalização com o uso do opacímetro, expansão do Programa de Melhoria da Manutenção de Veículos a Diesel (PMMVD), incentivo à gestão ambiental de frotas e garagens, renovação e reciclagem de veículos, aperfeiçoamento do PROCONVE e PROMOT, implantação de novos laboratórios de emissões veiculares, Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), compras públicas sustentáveis e tributação verde e melhoria de eficiência energética (combustível com baixo teor de enxofre, orientação e capacitação da população a respeito da emissão veicular e as suas consequências à saúde e ao meio ambiente, campanhas de orientação a motorista e proprietários de veículos para a correta manutenção da frota circulante, capacitação) (CETESB, 2014b).

Para que as ações acima listadas sejam atingidas, no entanto, o PCPV sugere a adoção de políticas públicas que incentivem ou adotem medidas como: redução do número de viagens motorizadas e o incentivo ao transporte não motorizado; implantação de medidas que levem ao aumento da qualidade do transporte público; incentivo ao teletrabalho e ao comércio eletrônico; políticas que incentivem a substituição do modal rodoviário pelo ferroviário, dutoviário ou aquaviário, o afastamento das vias com vocação para a carga dos centros urbanos e a implantação de polos logísticos para distribuição mais eficiente de carga; gerenciamento do tráfego; compensação das emissões; operação, contratação e concessão de frotas com critérios ambientais; desenvolvimento e aperfeiçoamento tecnológico; e, restrição à utilização de diesel em veículos leves (CETESB, 2014b).

Souza e Miranda (2015) constataram a ocorrência de uma dissociação (*decoupling*) absoluta entre o crescimento da frota circulante de veículos automotores rodoviários no estado de São Paulo e as emissões por esta dos seguintes gases: monóxido de carbono, hidrocarboneto não metano, aldeído, óxidos de nitrogênio e material particulado, ou seja, apesar da frota ter aumentado desde 2008 as emissões destes gases diminuíram o que parece apontar para resultados positivos para o meio ambiente. Ademais, segundo as autoras, a queda, desde 2008, nas emissões de alguns gases poluentes (hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio) por estes veículos no estado coincide com a implantação das fases L-4 e L-5 do PROCONVE para veículos leves, nas quais o foco foi a diminuição das emissões destas substâncias precursoras de ozônio. A implantação das fases P-5 e P-6 para veículos pesados também contribuiu para a queda nas emissões de alguns gases poluentes no estado, como material particulado, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos. Por fim, é importante destacar também a contribuição para a queda nas emissões de material particulado do programa de inspeção veicular realizado no município de São Paulo, que detém a maior frota de veículos automotores rodoviários do estado.

No que se refere ao controle da poluição do ar, mesmo o Brasil possuindo no estado de São Paulo “a melhor e mais precisa rede de monitoramento ambiental de poluição do ar da América Latina” (VORMITTAG e SALDIVA, 2017, p.5), ainda segue padrões defasados de qualidade do ar, visto que foram estabelecidos há 27 anos, pela Resolução CONAMA nº 3 de 28/07/1990, não acompanhando, portanto, as atualizações propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Em 2016, segundo relatório da CETESB (2017), a companhia possuía 60 estações automáticas fixas¹⁰ e mais 31 pontos de monitoramento manual da qualidade do ar, distribuídos pelo estado de São Paulo.

Apesar dos estados de São Paulo e Espírito Santo terem atualizado estes padrões de qualidade do ar via estabelecimento de metas intermediárias e progressivas, respectivamente pelos decretos estaduais nº 59.113 de 23/04/2013 e nº 3.463-R de 16/12/2013, como não

¹⁰ Na página *online* da CETESB consta que tais estações automáticas estão localizadas nas seguintes regiões e localidades: Capital (Capão Redondo, Cerqueira César, Congonhas, Ibirapuera, Cidade Universitária – USP – Ipen, Interlagos, Itaim Paulista, Itaquera, Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, Moóca, Nossa Senhora do Ó, Grajaú – Parelheiros, Parque D. Pedro II, Pico do Jaraguá, Pinheiros, Santana e Santo Amaro); Região Metropolitana de São Paulo (Carapicuíba, Diadema, Guarulhos – Paço Municipal, Guarulhos – Pimentas, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Santo André – Paço Municipal, Santo André – Capuava, São Bernardo do Campo – Pauliceia, São Bernardo do Campo – Centro, São Caetano do Sul e Taboão da Serra); Interior (Americana, Araçatuba, Araraquara, Bauru, Campinas – Centro, Campinas – Taquaral, Campinas – Vila União, Catanduva, Guaratinguetá, Jacareí, Jaú, Jundiaí, Limeira, Marília, Paulínia, Paulínia – Sul, Piracicaba, Presidente Prudente, Ribeirão Preto – Centro, Santa Gertrudes, São José do Rio Preto, São José dos Campos, São José dos Campos – Jd. Satélite, São José dos Campos – Vista Verde, Sorocaba, Tatuí e Taubaté) e Litoral (Cubatão – Centro, Cubatão – Vila Parisi, Cubatão – Vale do Mogi, Santos e Santo – Ponta da Praia).

foram estabelecidos prazos para o atingimento dos padrões propostos pela OMS, tais medidas perdem sua importância, ressaltam Vormittag e Saldiva (2017). As metas intermediárias de padrões de qualidade do ar a ser cumpridas, por etapas mas sem prazo definido, no estado de São Paulo são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Padrões estaduais de qualidade do ar no estado de São Paulo (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013)

Poluente	Tempo de amostragem	MI 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas inaláveis (MP_{10})	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
Partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$)	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
Dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
Ozônio (O_3)	8 horas	140	130	120	100
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
Fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
Partículas totais em suspensão (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
Chumbo (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

Fonte: CETESB (2017).

Notas: ¹ Média aritmética anual.

² Média geométrica anual.

* Fumaça e partículas totais em suspensão – parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

** Chumbo – a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

As metas intermediárias são apresentadas para serem cumpridas em três etapas (MI1, MI2 e MI3) e por padrões finais (PF) entendem-se “os padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica” (CETESB, 2017, p.23). Ademais, os padrões estaduais atualmente vigentes são os que estão em negrito. Tais padrões, no entanto, apresentam grande defasagem se comparados aos padrões definidos pela OMS, o que pode ser observado na Tabela 16, sendo que para alguns poluentes o padrão de qualidade estadual é o dobro do padrão estabelecido pela OMS.

Tabela 16 – Padrões de qualidade do ar determinados pela OMS, Decreto paulista (2013) e CONAMA (1990) em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Poluente	Tempo de amostragem	OMS 2005	Decreto Paulista 2013	CONAMA 1990
Partículas inaláveis (MP_{10})	24 horas	50	120	150
	Média anual	20	40	50
Partículas inaláveis ($\text{MP}_{2,5}$)	24 horas	25	60	Não há
	Média anual	10	20	Não há
Ozônio	8 horas	100	140	160

Fonte: Vormittag e Saldiva (2017).

Com base nos padrões estaduais e considerando a concentração das médias diárias do material particulado inalável MP_{10} , a CETESB calculou, em 2015, 128 ultrapassagens, sendo que considerando os padrões da OMS, o número de ultrapassagens se eleva para 2.214, ou seja, quase 18 vezes mais. Na região metropolitana de São Paulo todas as estações ultrapassaram o padrão da OMS para o MP_{10} , perfazendo um total de 872 dias de ultrapassagens. No interior, as estações com o maior número de ultrapassagens do MP_{10} foram: Santa Gertrudes (181), São José do Rio Preto (75), Piracicaba (66), Paulínia – Sul (62) e Catanduva (61), sendo que na Baixada Santista foram: Cubatão – Vila Parisi (302), Cubatão-Vale do Mogi (194) e Santos – Ponta da Praia (76). No estado todo, somente não se verificou ultrapassagens, seguindo padrões da OMS para o MP_{10} , nas estações de Marília, Presidente Prudente, Taubaté e Tatuí.

Se fosse adotado critério de emergência idêntico ao da França, teriam sido emitidos alertas de emergência em 480 dias no estado de São Paulo; posto que, ao adotar os padrões estaduais, nenhum alerta foi emitido, comparam Vormittag e Saldiva (2017). Pela Tabela 17, é possível observar que os limites de concentração de poluentes classificados como de atenção e emergência pela CETESB são bastante superiores aos propostos para avaliação em saúde.

Tabela 17 – Níveis críticos de qualidade do ar propostos para avaliação em saúde e pela CETESB

Poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Níveis críticos de qualidade do ar proposto para avaliação em saúde		Níveis críticos de qualidade do ar adotado pela CETESB	
	Atenção	Emergência	Atenção	Emergência
MP_{10}	50	80	250	500
$\text{MP}_{2,5}$	25	40	125	250
Ozônio	100	160	200	600

Fonte: Extraído de Vormittag e Saldiva (2017).

O padrão OMS de concentração média anual de partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$) também foi ultrapassado em todas as estações de monitoramento da CETESB, embora somente em algumas estações tenha-se registrado ultrapassagem quando se consideram padrões estaduais, tal como se pode observar na Figura 20.

Figura 20 – Classificação das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ em estações de monitoramento selecionadas da região metropolitana de São Paulo, baixada santista e interior em 2015

Fonte: Vormittag e Saldiva (2017).

Para o poluente ozônio observaram-se 1.234 ultrapassagens, ou seja, registros acima do padrão estadual de qualidade do ar contra 4.342 ultrapassagens do padrão da OMS, o que em conjunto com os dados de ultrapassagens dos demais poluentes reforça mais uma vez a necessidade de alterações nos padrões adotados nacionalmente, como defendem Vormittag e Saldiva (2017). Na região metropolitana de São Paulo o padrão da OMS para o ozônio, segundo os autores supracitados, foi ultrapassado em 823 dias, sendo que no interior os maiores números de ultrapassagens foram registrados nas estações de Jundiaí (157), Piracicaba (143), Sorocaba (125), Paulínia (110) e Americana (109). Dependendo do tipo de gás poluente e das características de cada cidade, os veículos automotores rodoviários podem

ter grande participação no total das emissões presentes na atmosfera, tal como demonstrado pela Tabela 18. De acordo com esta, os veículos automotores rodoviários são os principais responsáveis pelas emissões totais de CO, HC e NO_x da região metropolitana de São Paulo, com contribuições de 96,82%, 75,78% e 67,56, respectivamente.

Tabela 18 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na região metropolitana de São Paulo

Categoria			Combustível	Poluentes (%)				
				CO	HC	NO _x	MP ₁₀ ^I	SO _x
Móveis	Automóveis		Gasolina C	34,40	25,30	7,26	0,68	1,02
			Etanol hidratado	11,19	7,14	1,47	nd	Nd
			Flex-gasolina C	5,68	8,24	0,93	0,40	0,66
			Flex-etanol hidratado	11,32	11,60	1,51	nd	nd
	Comerciais leves		Gasolina C	6,04	6,19	0,98	0,13	0,28
			Etanol hidratado	0,69	0,56	0,11	nd	Nd
			Flex-gasolina C	0,80	1,40	0,17	0,06	0,14
			Flex-etanol hidratado	2,12	1,90	0,28	nd	nd
			Diesel	0,71	0,63	4,96	4,63	2,95
	Caminhões	Semileves Leves Médios Semipesados Pesados	Diesel	0,16	0,16	1,33	1,30	0,41
				0,67	0,68	6,11	5,19	1,93
				0,45	0,49	4,15	4,19	1,19
				0,98	0,73	9,13	5,51	3,42
				0,93	0,82	9,34	5,14	3,35
	Ônibus	Urbanos Micro-ônibus Rodoviários	Diesel	1,78	1,29	14,59	8,65	0,17
				0,13	0,09	1,04	0,57	0,01
				0,31	0,31	3,13	2,05	1,12
	Motocicletas		Gasolina C	17,82	7,90	0,99	1,43	0,10
			Flex-gasolina C	0,38	0,21	0,04	0,06	0,01
			Flex-etanol hidratado	0,25	0,15	0,03	nd	nd
	% Emissão veicular (2015)			96,82	75,78	67,56	40,00	16,77
Fixas	Operação de processo industrial (2008)		3,18	14,62	32,44	10,00	83,23	
	Base de combustível líquido (2008)		-	9,61	-	-	-	
Outras	Ressuspensão de partículas		-	-	-	25,00	-	
	Aerossóis secundários		-	-	-	25,00	-	
Total			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Fonte: CETESB (2017).

Notas: 1 Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis. A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis.

nd: não disponível.

Obs.: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2015.

Os efeitos da não atualização dos padrões de qualidade do ar, adotados no país, com aqueles limites estabelecidos pela OMS podem ser explicados, segundo Vormittag e Saldiva (2017, p11.) pela seguinte analogia a um diagnóstico em saúde:

... supondo que o Ministério da Saúde (MS) tivesse adotado no Brasil, em 1990, a referência de 39°C para o diagnóstico de febre, e, em 2009 que a OMS havia determinado a alteração da referência para 37,3°C, sem a atualização da referência brasileira. Se os médicos seguissem a orientação desatualizada, ocasionaria pacientes não tratados, e, por conseguinte, adoecimento e mortes. É o que se vê acontecendo aqui.

Na prática, portanto, a adoção de padrões de qualidade do ar mais lenientes implica em atenção inadequada à saúde, e consequente não tratamento da população exposta a tal tipo de poluição. Por conseguinte, esta situação pode resultar em mais complicações na saúde e a mais internações hospitalares e mortes precoces.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Metodologia das estimativas de emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários

A estimação das emissões de gases poluentes, segundo CETESB (2016a), pode ser feita utilizando dois tipos de abordagem, a saber, *bottom-up* (de baixo para cima) e *top-down* (de cima para baixo). Na primeira, para a estimação das emissões veiculares são consideradas não somente o tamanho da frota de veículos, mas também a distância anual percorrida por tipo de veículo, a autonomia de cada um destes, o volume de combustível consumido e os fatores de emissão específicos também para cada tipo de veículo. Já na abordagem *top-down* somente são utilizadas como variáveis o consumo aparente de combustível observado e os fatores de emissão de cada tipo de combustível.

Para o cálculo da maioria dos poluentes inventariados pela CETESB (2016a) a abordagem adotada nesta pesquisa foi a *bottom-up*. Para tanto, foram utilizados o consumo de combustível da área geográfica analisada e o fator de emissão característico do combustível e não do veículo.

Na presente pesquisa a estimativa das emissões de gases poluentes de escapamento por veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas foi calculada de acordo com metodologia e parâmetros utilizados pela CETESB (2015). A Equação 1 mostra a forma de cálculo utilizada nesta pesquisa, das estimativas de cada poluente l emitido pelo veículo i , de idade j (0 a 40 anos) utilizando o combustível k (gasolina, etanol ou diesel) e pertencente ao município m :

$$E_{ijklm} = Fe_{ijkl} \cdot Iu_{ijk} \cdot Fr_{ijkm} \quad (1)$$

Onde:

E = Massa de poluente emitida no período considerado (g/ano);

Fe = Fator de emissão, depende do tipo de veículo, do poluente e combustível utilizado (g/km);

Iu = Intensidade de uso ou quilometragem média anual percorrida pelo veículo (km/ano);

Fr = Frota circulante, por tipo de veículo e por ano (número de veículos);

i = Tipo de veículo, a saber, automóveis ou comerciais leves ou caminhões (semileves, leves, médios, semipesados ou pesados), ônibus (urbanos, micro-ônibus ou rodoviários) ou motocicletas;

j = Idade do veículo, de 0 a 40 anos;

k = Tipo de combustível utilizado, que pode ser gasolina, etanol ou diesel;

l = Tipo de gás poluente: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos não metano (NMHC), aldeídos (RCHO), material particulado (MP), dióxido de carbono (CO₂), e metano (CH₄);

m = município paulista

É importante ressaltar que a CETESB usa a Equação 1 para estimar as emissões veiculares no estado de São Paulo, na macrometrópole paulista e nas regiões metropolitanas de São Paulo, de Campinas, da Baixada Santista, do Vale do Paraíba e Litoral Norte, de Sorocaba e recentemente, de Ribeirão Preto, região criada em 2016. Neste trabalho, no entanto, a Equação 1 é utilizada para o cálculo das emissões veiculares em todos os municípios paulistas.

Os valores de intensidade de uso de referência dos veículos são ajustados de acordo com o consumo aparente de combustível rodoviário observado nas regiões analisadas. Assim, a intensidade de uso ajustada é mensurada a partir da Equação 2:

$$Iu_{i,ajustada} = Iu_{referência} \times \left(\frac{C_{observado}}{C_{estimado}} \right) \quad (2)$$

Onde:

$Iu_{i,ajustada}$ = Intensidade de uso anual ajustada para cada tipo de veículo (km/ano);

$Iu_{referência}$ = Intensidade de uso anual de referência do tipo de veículo (km/ano);

$C_{observado}$ = Consumo aparente de combustível anual (l/ano);

$C_{estimado}$ = Consumo de combustível de todas as categorias de veículos, estimado a partir dos valores de intensidade de uso de referência (km/ano) e autonomia (km/l);

i = Tipo de veículo por tipo de motor/combustível, a saber, automóveis (gasolina, etanol, *flex*) ou comerciais leves (gasolina, etanol, *flex* e diesel) ou caminhões (semileves, leves, médios, semipesados ou pesados), ônibus (urbanos, micro-ônibus ou rodoviários) ou motocicletas (gasolina, etanol, *flex*).

O fator de emissão, segundo CETESB (2016a), é a massa de poluente emitida pelo veículo ao percorrer uma determinada distância ou ainda, ao produzir dada quantidade de trabalho mecânico, no caso dos motores. O fator de emissão depende do tipo de veículo analisado, de seu ano de fabricação e também do tipo de combustível consumido. Sua unidade de medida usual é gramas por quilômetro (g/km) e sua medição é feita em laboratório de emissão veicular, sendo os dados publicados anualmente pela CETESB. Para os veículos pesados, caminhões e ônibus, os fatores de emissão são determinados a partir de teste no motor e, como são expressos em massa de poluente por qualidade de trabalho mecânico realizado (g/kWh), foram convertidos para massa de poluente por quilômetro (CETESB, 2016a).

Como o fator de emissão varia de acordo com as características dos veículos, as estimativas de emissões podem ser maiores ou menores dependendo do tipo da frota predominante numa determinada região ou município. Assim, por exemplo, um veículo leve de 1982 movido a gasolina emite 33 g/km de CO, enquanto que um veículo deste mesmo tipo mas do ano de 2015 emite apenas 0,171 g/km de CO. Já uma motocicleta de até 150 cilindradas, de 2015, e movida a gasolina emite 0,570 g/km de CO, enquanto uma motocicleta com as mesmas características e 12 anos mais velha emite 4,785 g/km. Os fatores de emissão empregados como referência para o cálculo das estimativas foram mensurados pela CETESB (2016a) e estão presentes nos Anexos G a J.

Nos relatórios de emissões veiculares divulgados pela CETESB os fatores de emissão estão divididos por tipo de veículo, pela sua idade e combustível usado. Assim, para os automóveis e comerciais leves há a divisão por idade, por combustível e por gás poluente, sendo que no caso dos comerciais leves além do uso da gasolina, do etanol e do motor flex, também há a possibilidade do emprego do diesel (Anexos G e H, respectivamente). No caso dos caminhões e ônibus, além da divisão por idade e gás poluente, também há uma classificação quanto ao próprio veículo. Para os caminhões a divisão é entre semileves, leves, médios, semipesados e pesados; e para os ônibus são três categorias: urbanos, micro-ônibus e rodoviários (Anexo I).

Por fim, para as motocicletas (Anexo J), além das divisões comuns aos demais veículos, também se faz distinção quanto às cilindradas (cc) do motor, classificação esta que depende do período de medição dos dados. Para as motocicletas do ano de 2003 até 2009, os fatores de emissão de gases poluentes são divulgados de acordo com as cilindradas das mesmas, que podem ser de três tipos: menores ou iguais a 150 cc, maiores que 150 cc e menores ou iguais a 500 cc e, maiores ou iguais a 501 cc. A partir de 2010 as categorias de

cilindradas passaram a ser somente duas: menores ou iguais a 150 e, maiores do que 150 cilindradas. Vale ressaltar que quanto maior as cilindradas do motor, maior também serão as emissões. Uma ilustração para uma motocicleta de 2015, a gasolina, de até ou igual a 150 cc, emite 50 g/km de CO₂ enquanto uma motocicleta com estas mesmas características, mas acima de 150 cc emite 75 g/km de CO₂.

Como os fatores de emissão das motocicletas estão divididos de acordo com as cilindradas, mas a frota circulante calculada pela CETESB (2016a) não, para o cálculo das estimativas de emissão de gases poluentes é necessário obter a proporção de motocicletas de cada categoria dentro da frota. Apesar de não constar no relatório de emissões veiculares da CETESB (2016a), segundo o engenheiro da CETESB, Marcelo Pereira Bales¹¹, para saber estas proporções são utilizados os dados de vendas recebidos diretamente dos fabricantes, anualmente. Para o engenheiro, uma proporção de, por exemplo, 90% de motocicletas de até 150 cilindradas e 10% acima de 150 cc é um número bem próximo da realidade. Na presente pesquisa foram utilizados os dados de vendas divulgados pela ABRACICLO em seus anuários.

Ainda que possam ser medidos, segundo a CETESB (2016a) dados sobre fatores de emissão em condições reais de uso ainda são escassos no Brasil. De acordo com o 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (BRASIL, 2014) os valores dos fatores de emissão são obtidos em ensaios de durabilidade, determinados a partir de 2003 pelo PROCONVE. O objetivo destes ensaios é averiguar se os limites de emissão estipulados são respeitados por, no mínimo, 80.000 km de rodagem dos veículos, observando, no entanto, as condições de manutenção estipuladas pelos respectivos fabricantes.

Com os valores gerados nos ensaios de durabilidade e dos fatores de emissão de veículos novos, o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2014) estimou o incremento médio do fator de emissão devido ao acúmulo de rodagem do veículo. Ademais, considera-se que tal incremento tem comportamento linear e que há uma extrapolação para veículos com quilometragem superior a 80.000, ou seja, para veículos que já ultrapassaram esta rodagem, os fatores de emissão são diferentes daqueles que não atingiram esse limiar. Estes fatores de emissão por acúmulo de rodagem, ou fatores de deterioração, são aplicados para automóveis usando gasolina C e etanol hidratado e determinados para os seguintes poluentes: CO, NO_x,

¹¹ Via conversa por e-mail.

NMHC e RCHO (Anexos K e L). Devido à falta de dados, a CETESB não determinou fatores de deterioração para veículos do ciclo diesel e para as motocicletas.

A intensidade de uso de referência ou quilometragem média anual percorrida pelo veículo, variável empregada na Equação 1 para o cálculo das emissões, representa a distância percorrida por um determinado tipo de veículo durante um período de tempo, com unidade de medida expressa em quilômetros por ano (km/ano). A intensidade de uso de um veículo depende de distintos fatores socioeconômicos, sendo que tanto no Inventário Nacional (BRASIL, 2014) quanto no relatório da CETESB (2016a), essa intensidade é apresentada por tipo do veículo e idade.

Os valores de referência da distância média anual percorrida por veículos de até 40 anos, utilizados pela CETESB (2016a) e presentes no Anexo M, são os divulgados no relatório “Curvas de intensidade de uso por tipo de veículo automotor da frota da cidade de São Paulo” de autoria da própria CETESB (2013). De acordo com este relatório, os dados de quilometragem percorrida foram cedidos pela Prefeitura da cidade de São Paulo, e foram levantados verificando o hodômetro de 1.868.719 veículos automotores, inspecionados durante dois exercícios consecutivos, a saber, 2010 e 2011. Posteriormente, estes dados foram utilizados para os ajustes das curvas de intensidade de uso mensuradas pela CETESB (2013).

Mesmo que os valores de intensidade de uso de referência se refiram à frota de veículos que circulam na cidade de São Paulo e, portanto, possam não ser adequados para aplicação em nível municipal, é importante ressaltar que esta limitação pode ser minimizada quando se calcula a intensidade de uso ajustada de acordo com o consumo de combustível de cada região analisada. Ademais, como enfatizado no 2º Inventário Nacional, já referido, informações sobre a intensidade de uso da frota circulante no Brasil ainda são muito escassas devido ao baixo número de estudos e pesquisas e ao fato das iniciativas já realizadas terem tido baixa representatividade no que concerne à composição da frota e/ou sua abrangência.

A intensidade de uso ajustada é calculada conforme a Equação 2, utilizando a intensidade de uso de referência, o consumo aparente de combustível e o consumo de combustível de todas as categorias de veículo. Segundo definição da CETESB (2016a), o consumo de combustível, ou consumo estimado, refere-se à massa ou ao volume de combustível consumido por um motor ou veículo durante o percurso de uma dada distância, ou na produção de dada quantidade de trabalho mecânico (motor). O consumo estimado de combustível de todas as categorias de veículos é calculado considerando a autonomia (Anexos G a J) e a quilometragem percorrida, por tipo de veículo, durante o ano de referência, ou seja,

a intensidade de uso (Anexo M). Por autonomia entende-se a distância percorrida por um veículo usando um dado volume de combustível.

O consumo observado, ou aparente, por sua vez, é a quantidade de combustível vendida na região geográfica analisada. A CETESB (2016a) emprega as estatísticas da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e da Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo (SEM). Para a utilização dos dados da ANP e SEM como representação do consumo aparente de combustível, considera-se que todo o volume comercializado nas regiões analisadas, no caso do Inventário da CETESB (2016a) no estado e nas regiões metropolitanas, foi consumido dentro das próprias áreas geográficas e no mesmo período, de forma que não seja contabilizada na metodologia a formação de estoques.

No que se refere ao diesel cabe ressaltar que nos inventários da CETESB (2015, 2016) considera-se o diesel chamado de “rodoviário”, ou seja, aquele que recebe uma parcela de biodiesel em proporção definida por Lei Federal. Segundo a CETESB (2015), até 2007, era facultativa a mistura de 2% de biodiesel ao diesel, passando no ano seguinte a ser obrigatória. Gradativamente essa percentagem aumentou: entre janeiro e junho de 2008 foi de 2%; entre julho de 2008 e junho de 2009, 3%; entre julho e dezembro de 2009, 4%; e, a partir de 2010, atingindo 5% em volume. A Lei Federal 13.033/2014, por fim, determinou que este percentual passasse para 6% entre julho e outubro de 2014 e 7% a partir de novembro desse mesmo ano.

Dado que uma parte do diesel de aplicação “rodoviária” é alocada em outras finalidades, dentre as quais em ferrovias, construção civil, máquinas e tratores na produção rural, sistemas aeroportuários e auto geração de energia, e não há informações suficientes para determinar o quanto, de fato, foi destinado ao consumo de veículos rodoviários, a CETESB (2015) optou por excluir dos dados de vendas de diesel divulgado pela ANP, a proporção que é utilizada para estes outros fins, que segundo a própria companhia equivale a 19% do volume de diesel consumido no estado de São Paulo, no período de 2006 a 2014. Em seu último relatório de emissões veiculares, a CETESB (2016a) revisou todos os dados de consumo de diesel “rodoviário” com base em informações divulgadas pela SEM.

Por fim, para a mensuração das estimativas de emissão de gases poluentes por veículos automotores, empregando a Equação 1 é necessário o número de sua frota circulante, segundo o tipo e a idade do veículo. A frota circulante é estimada pela CETESB a partir das vendas de veículos novos nos últimos 40 anos e submetida às curvas de sucateamento. Estas últimas se constituem numa função derivada de modelo estatístico ou observada e desconsideram

veículos que não circulam mais em decorrência de acidentes com perda total, furtos, abandono, desmonte etc (CETESB, 2014a).

A frota circulante de veículos rodoviários, estimada pela CETESB (2016a), portanto, diferencia-se da frota registrada pelo Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN-SP), já que esta última não exclui os veículos que estão fora de uso. Assim, espera-se que a frota circulante da CETESB (2016a) seja maior do que a licenciada, visto que há veículos que transitam sem licenciamento, e menor do que a frota registrada, já que a CETESB considera em sua metodologia o sucateamento de parte dos veículos vendidos.

Distinção entre a frota licenciada e a frota registrada também é feita pela CETESB (2016a). Segundo esta, por frota licenciada entende-se aquela que está com a documentação e os impostos regularizados e que, conseqüentemente, está em circulação. Já a frota registrada é composta pelos veículos que foram licenciados no órgão de trânsito quando novos ou quando da transferência de outros estados e que desde então continuam com seus registros ativos, ou seja, constam como existentes. Como os proprietários normalmente não licenciam os veículos que saíram de circulação, a CETESB (2016a) estima que a frota licenciada seja menor do que a registrada.

A frota de veículos novos, utilizada pela CETESB (2016a) no cálculo da frota circulante, é definida como aquela composta pelos veículos que foram licenciados no órgão de trânsito quando novos, num dado ano de referência. Logo, equivale à frota de veículos conhecidos como “zero quilômetro”. Os dados desta frota são apresentados anualmente pela ANFAVEA e pela ABRACICLO. A Figura 21 demonstra de forma ilustrativa a diferenciação do tamanho das frotas definidas pela CETESB (2016a).

Figura 21 – Apresentação esquemática do tamanho das frotas definidas pela CETESB

Fonte: CETESB (2016a).

A frota circulante estimada pela CETESB (2016a) está dividida pelos tipos de veículos automotores rodoviários (automóveis, comerciais leves, motocicletas, caminhões – semileves, leves, médios, semipesados e pesados -, e ônibus – urbanos, micro-ônibus e rodoviários), pela idade e pelo motor/combustível utilizado (gasolina C, etanol hidratado, *flex-fuel* e diesel).

No que se refere ao uso de combustível no Brasil, os veículos leves de passageiros podem utilizar a gasolina comum, o etanol hidratado e o gás natural veicular (GNV), sendo que no caso dos veículos *flex-fuel* ou *flex* os motoristas podem optar entre o uso da gasolina comum ou do etanol hidratado. A frota de veículos elétricos, por sua vez, é ínfima se comparada com a frota total, ressalta a CETESB (2016a).

Já as motocicletas rodam com gasolina comum, e nas versões do tipo *flex-fuel* também há a opção do uso do etanol hidratado. Os comerciais leves utilizam tanto o etanol hidratado, a gasolina comum e o GNV como o diesel, registrando-se a disponibilidade de modelos com motor *flex-fuel*. Os veículos pesados, no entanto, de um modo geral, rodam somente com o diesel.

Para o cálculo das emissões de gases poluentes por veículos do tipo *flex-fuel*, sejam veículos leves, comerciais leves ou motocicletas, como a autonomia e os fatores de emissão de veículos *flex-fuel* com gasolina comum são diferentes dos que usam etanol hidratado, é preciso saber a proporção de veículos deste tipo de frota que adotaram cada um dos dois tipos de combustível. De acordo com Goldemberg, Nigro e Coelho (2008) a opção pelo uso da gasolina comum ou do etanol hidratado nos veículos de motor *flex-fuel* varia de acordo, principalmente, com a relação de preços entre os dois combustíveis e com a própria resistência dos consumidores ao uso do etanol hidratado, o que, por sua vez, depende da localidade.

A partir de análise dos dados de consumo regional de combustíveis, da ANP, e da metodologia apresentada por Goldemberg, Nigro e Coelho (2008), a CETESB (2016a) verificou que, em 2015, a frota circulante paulista de veículos *flex-fuel* que optou pelo uso do etanol hidratado como combustível foi de 63%. No caso das motocicletas *flex-fuel*, como não há estudos sobre a adesão do etanol hidratado e como alguns fabricantes de motocicletas recomendam uma mistura de gasolina C com etanol hidratado, e não somente o etanol, para

facilitar a partida, a CETESB arbitrou o consumo de etanol em 40% para a frota dessa categoria de veículo¹².

Na presente pesquisa, estimaram-se, pela Equação 1, as emissões de escapamento para a frota de cada tipo de veículo, de cada ano e discriminada para cada um dos três tipos de combustíveis, no período de 2006 a 2015, para todos os municípios paulistas. Os gases poluentes cujas emissões foram estimadas são: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos não metano (NMHC), aldeídos (RCHO), material particulado (MP), dióxido de carbono (CO₂), e metano (CH₄).

Vale ressaltar que a CETESB mensura estas emissões para o estado de São Paulo, para a macrometrópole paulista e para as regiões metropolitanas de São Paulo (RMSP), de Campinas (RMC), do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVP), da Baixada Santista (RMBS) e de Sorocaba (RMSO). Para atender aos interesses desta pesquisa, as estimativas foram calculadas para todos os municípios paulistas, no período de 2006 a 2015.

Ademais, enfatiza-se que as emissões de escapamento podem variar conforme a idade do veículo, a quilometragem anual percorrida, as condições de manutenção e também os padrões de condução do veículo. Ainda que a CETESB considere em sua metodologia o tipo de veículo, a sua idade, o combustível utilizado, a distância anual percorrida e o ajuste desta em função do consumo de combustível, uma das limitações de sua metodologia é não considerar, por exemplo, que mesmo dentre os automóveis pode haver variações na autonomia e, conseqüentemente nas emissões, já que, por exemplo, desde 2012 se observa um aumento da proporção de emplacamentos anuais de automóveis SUV no mercado. Isto significa que, no mercado, dentro de uma mesma categoria de veículos, têm-se automóveis com motores de distintas potências.

Além das estimativas das emissões de escapamento, a CETESB também calcula as emissões evaporativas dos veículos automotores¹³. Estas estimativas, no entanto, não foram mensuradas na presente pesquisa. O ensaio evaporativo é dividido em duas fases, a saber, fase

¹² Informações obtidas por meio de conversa com o engenheiro da CETESB, Marcelo Pereira Bales.

¹³ Estas emissões são estimadas a partir da seguinte equação:

$$E_{voc} = \sum s D_s \times \sum j N_j \times (HS_j + e_{dj} + RL_j)$$

Sendo:

E_{voc} = Emissões evaporativas de hidrocarbonetos anuais (g);

D_s = Número de dias sobre o qual o fator de emissão deve ser aplicado;

N_j = Quantidade de veículos na categoria inventariada;

HS_j = Média diária *hot soak* (g/dia);

e_{dj} = Média diária da emissão na fase diurna (g/dia);

RL_j = Média diária da emissão na fase *running losses* (g/dia).

hot soak, onde é quantificado o vapor de combustível emitido pelo aquecimento do motor após o uso, e a fase diurna, na qual se mensura a emissão de vapor de combustível devido à exposição do automóvel ao sol após um período desligado. De posse de tais resultados, a CETESB (2014a) calculou o *running losses*, fator que representa a emissão evaporativa quando o veículo se encontra em funcionamento (CETESB, 2014a):

3.2 Dados

Para a mensuração das emissões de gases poluentes de escapamento por veículos automotores rodoviários, por município paulista, referentes ao período de 2006 a 2015, foram utilizados os dados descritos na Tabela 19, e disponibilizados nos Anexos indicados.

Tabela 19 – Dados para o cálculo das emissões de gases poluentes de escapamento por veículos automotores para municípios do estado de São Paulo

Dados	Fonte
Fatores de emissão de gases poluentes (Anexos G a J)	CETESB (2016a)
Intensidade de uso de referência (Anexo M)	CETESB (2016a)
Frota circulante, por município, tipo e idade do veículo	CETESB (via solicitação por <i>e-mail</i>)
Autonomia (Anexos G a J)	CETESB (2016a)
Vendas de combustível por município	ANP e SEM
Vendas de motocicletas por tipo de cilindrada	Anuários da ABRACICLO

Fonte: Elaboração própria.

Depois de mensuradas as estimativas de emissões, relacionam-se as mesmas com o número de internações hospitalares por problemas respiratórios nos municípios paulistas segundo dados do DATASUS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a CETESB (2016a) a maior parte das emissões de gases poluentes por veículos automotores no estado de São Paulo é proveniente de veículos mais velhos, sendo que, por exemplo, a frota de veículos com mais de vinte anos foi responsável por 42% das emissões de gases poluentes no ano de 2015 e isto apesar de representar apenas pouco mais de 8% da frota total. Assim, observa-se que a idade média da frota pode interferir muito na quantidade de emissões de gases poluentes numa dada região, de forma que se torna interessante a análise da variável idade da frota para os municípios paulistas, foco de estudo desta pesquisa, antes de se abordar as emissões de gases poluentes em si.

Tal como se nota pela Figura 22, a idade média da frota de veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas vem diminuindo desde 2006. Para os anos de 2006 e 2015, o número de municípios com uma frota de mais de 11 anos, em média, caiu drasticamente, de 275 para apenas 26, sendo que no estado de São Paulo a idade média foi de 8,9 anos em 2015. No que se refere às emissões é importante ressaltar que veículos mais novos emitem menos gases poluentes por terem que atender aos critérios estabelecidos gradativamente, no Brasil, pelo PROCONVE e PROMOT.

A despeito da queda na idade média da frota, vale enfatizar que quando se analisa a idade média de acordo com a categoria do veículo, observam-se diferenças entre os tipos de veículos, com destaque para veículos mais pesados, como ônibus e caminhões que, em 2015, tinham idade média de 10,9 e 11,8 anos, respectivamente. Nas Figura 23 a Figura 27 é possível acompanhar a evolução da idade média por tipo de veículo, nos municípios paulistas.

Com exceção da frota de motocicletas e veículos similares, em todas as demais categorias verifica-se, desde 2006, redução da idade média das frotas nos municípios de São Paulo, o que pode ser explicado, por exemplo, por políticas de redução do IPI. De acordo com os resultados do modelo econométrico desenvolvido por Alvarenga *et al.* (2010), a redução do IPI, implementada em janeiro de 2009 e estendida até março de 2010, foi responsável por 20,7% das vendas de automóveis e comerciais leves no país entre janeiro e novembro de 2009. Segundo Wilbert *et al.* (2014), de dezembro de 2008 a setembro de 2009, as reduções do IPI variaram de 5,5% a 13% dependendo da potência do motor, do tipo de combustível e do local de produção (nacionais ou importados). A partir de outubro de 2009, as alíquotas do IPI para veículos foram subindo gradativamente, sendo que com o agravamento da crise financeira mundial, outra redução foi novamente adotada em maio de 2012.

Figura 22 – Idade média da frota de veículos automotores rodoviários nos municípios paulistas em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015.

Fonte: Elaboração própria usando o *software* IPEAGEO e a partir de dados da CETESB.

Figura 23 – Idade média da frota de automóveis nos municípios paulistas em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015.

Fonte: Elaboração própria usando o *software* IPEAGEO e a partir de dados da CETESB.

Figura 24 - Idade média da frota de comerciais leves nos municípios paulistas em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015.

Fonte: Elaboração própria usando o *software* IPEAGEO e a partir de dados da CETESB.

Figura 25 - Idade média da frota de caminhões nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015.

Fonte: Elaboração própria usando o *software* IPEAGEO e a partir de dados da CETESB.

Figura 26 – Idade média da frota de ônibus nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015.

Fonte: Elaboração própria usando o *software* IPEAGEO e a partir de dados da CETESB.

Figura 27 - Idade média da frota de motocicletas e veículos similares nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015.

Fonte: Elaboração própria usando o *software* IPEAGEO e a partir de dados da CETESB

As frotas com as menores idades médias no estado, em 2015, no entanto, foram as de motocicletas e comerciais leves com, respectivamente, 7,4 e 7,8 anos. No caso das motocicletas, apesar da baixa idade média, esta aumentou desde 2006, passando de 5,1 para 7,4 em 2015, tal como se pode constatar na Figura 28 e a nível municipal na Figura 27. Uma das possíveis explicações para o aumento da idade média deste tipo de veículo é que como elas são usadas em sua grande maioria para o trabalho, as dificuldades econômicas do país, por exemplo, a queda no crédito, podem ter reduzido a aquisição de modelos mais novos.

Figura 28- Idade média da frota de veículos automotores rodoviários no estado de São Paulo, por categoria, de 2006 a 2015

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da CESTESB.

No que se referem às políticas fiscais, em 2008 a alíquota do Imposto para Operações Financeiras (IOF) para financiamento de motocicletas foi reduzido de 3,38% para 0,38% e em 2012, a alíquota do IPI para motocicletas aumentou de 15% para 35% para veículos com motor até 50cc e de 25% para 35% para aquelas com até 150cc. Mas como este aumento foi somente para motocicletas fabricadas fora do Polo Industrial de Manaus, segundo a ABRACICLO não deve ter afetado tanto o mercado já que na época mais de 90% das motocicletas vendidas eram produzidas neste polo, que é isento do pagamento de IPI. Na Figura 28 também é possível acompanhar a evolução da queda na idade média, no estado de São Paulo, dos demais tipos de veículos.

A queda, em geral, da idade média da frota de veículos no estado de São Paulo, também pode ser explicada pela política de atração de investimentos da indústria automobilística, de meados de 1990. De acordo com Carvalho (2016), juntamente com o aumento da produção de automóveis e motocicletas no país, veio a necessidade de estimular a sua venda, o que se deu via redução da carga tributária e da expansão do crédito.

Paralelamente ao incentivo ao transporte individual, a demanda por transporte público diminuiu, sendo que de acordo com dados da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU, 2009), em 2009 os sistemas de transporte público no país, transportaram 30% menos passageiros do que em 1995. Segundo pesquisa de Carvalho e Pereira (2012) utilizando dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2003 e 2009, as famílias brasileiras gastaram, em média, 15% de sua renda com transporte urbano, enquanto os gastos com transporte privado foram cinco vezes maiores. Ademais, conforme a renda da população aumenta maior é a propensão a gastar com o transporte privado, concluem os autores.

Outro incentivo ao uso do transporte individual em detrimento ao transporte público no país foi o aumento das tarifas cobradas por ônibus sendo que, segundo Carvalho (2016), os reajustes nos últimos quinze anos foram superiores à inflação, havendo redução nas passagens apenas em meados de 2013 em decorrência de manifestações populares. Além disso, o encarecimento do transporte público ocorreu num cenário de crescimento real negativo dos principais itens referentes a este transporte, como peças e acessórios e pneus, e de barateamento tanto do uso quanto da aquisição de veículos privados, complementa o autor.

No que se refere ao sistema de transporte público via malhas metroferroviárias observa-se que as metrópoles brasileiras, como Rio de Janeiro e São Paulo, possuem malhas ainda reduzidas se comparadas às de outras metrópoles mundiais, como a cidade do México que possui uma razão de dez quilômetros de linha de metrô para cada um milhão de habitantes. Em São Paulo e no Rio de Janeiro esta razão é superior a dois milhões (CARVALHO, 2016).

Conforme enfatiza o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2015), a mobilidade urbana nas cidades precisa ser redesenhada em torno das pessoas e não dos veículos, possibilitando a prática de caminhadas e ciclismo e também a implantação de sistemas de transporte público eficiente e de qualidade. A expansão do transporte público pode resultar em diversas vantagens como a redução das emissões *per capita* de gases poluentes e dos congestionamentos, o que consequentemente pode resultar em menos

acidentes de trânsito e problemas de saúde relacionados à poluição atmosférica e sonora (WHO, 2015).

Mesmo que a idade média dos veículos possa ter influência na redução da quantidade emitida de gases poluentes, outros fatores, no entanto, exercem pressão para o seu aumento, como o próprio aumento da frota circulante e a presença ainda expressiva de veículos mais velhos em alguns municípios. Assim, seguem-se nesta seção as estimativas de emissões veiculares nos municípios paulistas, mensuradas conforme explicação descrita na metodologia, sendo, entretanto, necessária uma pequena consideração, conforme descrita a seguir.

Ainda que se acreditasse que o uso das vendas de combustíveis de cada município pudesse dar um ajuste melhor à intensidade de uso de referência para cada tipo de veículo, ou seja, à quilometragem média anual percorrida, na prática, no entanto, observou-se que, embora para alguns municípios o ajuste pareça ter sido razoável, para outros resultou numa superestimação exagerada da intensidade de uso de referência. Assim, para alguns municípios o resultado da relação entre o consumo observado de combustível, via dados de venda da ANP, e o consumo estimado, calculado conforme a autonomia e a idade de cada veículo, foi superior a 100, de forma que quando este valor era usado para fazer o ajuste da intensidade de uso anual (Anexo M), implicava, por exemplo, afirmar que ao invés de um automóvel *flex* com um ano de idade rodar 17.933km/ano ele tinha rodado 100 vezes mais do que isso.

Vale ressaltar também que os parâmetros referentes à intensidade de uso de referência adotada pela CETESB (2016a) se referem ao município de São Paulo, de forma que é plausível esperar que em municípios menores os parâmetros sejam também inferiores ao de São Paulo. Portanto, na presente pesquisa, não se fez o ajuste pela quantidade de combustível consumido, sendo que outra opção é estabelecer limites mínimo e máximo da relação entre a quantidade de combustível observado (via dados de venda) e a estimada.

Uma explicação possível para o ajuste por meio do uso das vendas de combustíveis não ter sido adequada a nível municipal, está no fato de que os dados de vendas de combustíveis de um município não necessariamente se referem ao consumo desta localidade, já que, por exemplo, há inúmeros postos de combustíveis nas rodovias. Ademais, no caso do diesel “rodoviário”, os dados da ANP não se referem somente ao uso veicular, mas também à quantidade destinada a outras atividades, como em ferrovias, construção civil e máquinas e tratores na produção rural.

Adotando como referência a metodologia e os parâmetros usados pela CETESB (2016a), bem como os dados de vendas de combustíveis da ANP, geraram-se milhares de

observações para as estimativas de emissões por veículos automotores rodoviários para os 645 municípios paulistas, relativos ao período de 2006 a 2015. Ademais, estas estimativas foram calculadas para os diferentes tipos de veículos, a saber, automóveis, comerciais leves, caminhões (semileves, leves, médios, semipesados e pesados), ônibus (urbanos, micro-ônibus e rodoviários) e motocicletas, segundo o tipo de combustível (gasolina, etanol e diesel) e para os seguintes gases poluentes: CO, HC, NMHC, CH₄, NO_x, RCHO, CO₂ e MP. As estatísticas descritivas destas estimativas estão presentes na Tabela 20 e a evolução das emissões de todos os gases poluentes nos municípios pode ser visualizada nos Anexos N a U.

Conforme a Tabela 20, o município com as maiores emissões em todos os gases poluentes estimados, tanto em 2006 quanto em 2015, como já era esperado, foi São Paulo, o qual detinha, em 2015, 30,12% de toda a frota estadual. Dada sua expressiva frota também se observa para São Paulo valores estimados de emissão muito superiores à média estadual. Seguindo de São Paulo, outra localidade com elevadas emissões de gases poluentes veiculares foi Campinas, município classificado, em junho de 2017, como o oitavo maior em qualidade do ar, e, em 2016, certificado como município verde azul na 12ª posição, segundo *ranking* do Programa Município Verde Azul (PMVA) da secretaria de estado do meio ambiente. Lançado em 2007 e atualmente contando com a adesão de 625 dos 645 municípios paulistas, o PMVA tem o objetivo de medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental dos municípios participantes com base na proposição de 10 diretivas, dentre as quais qualidade do ar¹⁴.

Dado que a diretiva qualidade do ar inclui a implementação de atividades e a participação de iniciativas contributivas para a manutenção e melhoria da qualidade do ar, bem como o controle das emissões de gases de efeito estufa, o bom resultado obtido por Campinas, a despeito de apresentar elevadas emissões veiculares, pode estar associado a ações como a proposta de aumentar o número de ônibus elétricos na cidade, o que atende ao proposto pelo PMVA no que se refere ao incentivo à substituição de combustíveis fósseis por renováveis. Outras iniciativas constantes no PMVA são: avaliações de opacidade nos veículos a diesel, comprovação da aplicabilidade da Lei de Queimada Urbana, adesão à operação Corta Fogo, educação ambiental com foco em queimada urbana, entre outros.

¹⁴ As demais diretivas são: esgoto tratado, resíduos sólidos, biodiversidade, arborização urbana, educação ambiental, cidade sustentável, gestão das águas, estrutura ambiental e conselho ambiental.

Tabela 20 – Estatística descritiva das estimativas de emissões veiculares por tipo de gás poluente em 2006 e 2015

(continua)

2006			
Tipo de Gás	Medidas de posição e dispersão	Emissões (em toneladas)	15 maiores emissores em ordem decrescente
CO	Média	848,32	São Paulo, Campinas, Santo André, São Bernardo do Campo, Guarulhos, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Sorocaba, Osasco, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Franca, Santos e Bauru
	Mediana	120,11	
	Valor máximo (Município)	190.022,93 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	5,35 (Borá)	
	Desvio padrão	7.594,82	
	Coeficiente de variação (%)	895,28	
HC	Média	94,49	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, São José dos Campos, Osasco, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Santos, Franca e Bauru
	Mediana	13,92	
	Valor máximo (Município)	20.475,70 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,69 (Borá)	
	Desvio padrão	819,38	
	Coeficiente de variação (%)	867,15	
NMHC	Média	81,92	São Paulo, Campinas, Santo André, São Bernardo do Campo, Guarulhos, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Sorocaba, Osasco, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Franca, Santos e Bauru
	Mediana	11,19	
	Valor máximo (Município)	18.147,39 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,48 (Borá)	
	Desvio padrão	725,80	
	Coeficiente de variação (%)	885,93	
CH ₄	Média	16,64	São Paulo, Campinas, São Bernardo do Campo, Guarulhos, Santo André, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Sorocaba, Osasco, São José do Rio Preto, Jundiaí, Santos, Piracicaba, Franca e Bauru
	Mediana	2,28	
	Valor máximo (Município)	3.702,42 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,14 (Borá)	
	Desvio padrão	148,12	
	Coeficiente de variação (%)	890,11	

(continuação)

NO _x	Média	249,72	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Osasco, Ribeirão Preto, Sorocaba, São José dos Campos, Piracicaba, Jundiaí, São José do Rio Preto, Santos, Bauru e Limeira
	Mediana	45,21	
	Valor máximo (Município)	52.198,95 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	3,46 (Nova Castilho)	
	Desvio padrão	2.090,67	
	Coeficiente de variação (%)	837,21	
RCHO	Média	3,49	São Paulo, Campinas, Santo André, São Bernardo do Campo, Guarulhos, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Sorocaba, Osasco, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Franca, Bauru e Santos
	Mediana	0,46	
	Valor máximo (Município)	832,71 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,02 (Borá)	
	Desvio padrão	33,24	
	Coeficiente de variação (%)	952,73	
CO ₂	Média	36.501,28	São Paulo, Campinas, São Bernardo do Campo, Santo André, Guarulhos, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Sorocaba, Osasco, Santos, Jundiaí, São José do Rio Preto, Piracicaba, Bauru e São Caetano do Sul
	Mediana	3.745,84	
	Valor máximo (Município)	9.136.694,77 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	262,53 (Borá)	
	Desvio padrão	364.787,45	
	Coeficiente de variação (%)	999,38	
MP	Média	8,99	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Osasco, Ribeirão Preto, Piracicaba, Sorocaba, São José dos Campos, Jundiaí, São José do Rio Preto, Santos, Bauru e Limeira
	Mediana	1,92	
	Valor máximo (Município)	1.725,73 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,11 (Turiúba)	
	Desvio padrão	69,23	
	Coeficiente de variação (%)	769,96	

(continuação)

2015

CO	Média	429,36	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, Osasco, São José dos Campos, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Bauru, Franca e Santos
	Mediana	68,09	
	Valor máximo (Município)	83.081,70 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	3,48 (Borá)	
	Desvio padrão	3.341,40	
	Coeficiente de variação (%)	778,24	
HC	Média	57,42	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, Osasco, São José dos Campos, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Santos, Bauru e Franca
	Mediana	9,22	
	Valor máximo (Município)	10.574,96 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,52 (Borá)	
	Desvio padrão	426,38	
	Coeficiente de variação (%)	742,60	
NMHC	Média	45,91	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, Osasco, São José dos Campos, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Bauru, Franca e Santos
	Mediana	6,91	
	Valor máximo (Município)	8.748,29 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,32 (Borá)	
	Desvio padrão	352,15	
	Coeficiente de variação (%)	767,04	
CH ₄	Média	14,24	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, Osasco, São José dos Campos, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Santos, Bauru e Mogi das Cruzes
	Mediana	2,20	
	Valor máximo (Município)	2.619,54 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,18 (Borá)	
	Desvio padrão	105,79	
	Coeficiente de variação (%)	742,71	

(conclusão)

NO _x	Média	197,44	São Paulo, Guarulhos, Campinas, São Bernardo do Campo, Osasco, Santo André, Ribeirão Preto, São José dos Campos, Sorocaba, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Santos, Barueri e Mogi das Cruzes
	Mediana	42,59	
	Valor máximo (Município)	31.520,36 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	2,85 (Nova Castilho)	
	Desvio padrão	1.285,65	
	Coeficiente de variação (%)	651,16	
RCHO	Média	2,54	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, São José dos Campos, Osasco, São José do Rio Preto, Jundiaí, Piracicaba, Bauru, Franca e Santos
	Mediana	0,38	
	Valor máximo (Município)	520,18 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,02 (Borá)	
	Desvio padrão	20,91	
	Coeficiente de variação (%)	823,39	
CO ₂	Média	57.665,78	São Paulo, Campinas, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, São José dos Campos, Osasco, São José do Rio Preto, Jundiaí, Santos, Piracicaba, Bauru e Mogi das Cruzes
	Mediana	7.502,21	
	Valor máximo (Município)	11.845.337,18 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	512,47 (Borá)	
	Desvio padrão	476.511,58	
	Coeficiente de variação (%)	826,33	
MP	Média	5,66	São Paulo, Guarulhos, Campinas, São Bernardo do Campo, Osasco, Santo André, Ribeirão Preto, Sorocaba, Piracicaba, São José dos Campos, São José do Rio Preto, Jundiaí, Santos, Mogi das Cruzes e Barueri
	Mediana	1,38	
	Valor máximo (Município)	842,04 (São Paulo)	
	Valor mínimo (Município)	0,07 (Nova Castilho)	
	Desvio padrão	34,40	
	Coeficiente de variação (%)	608,24	

Fonte: Elaboração própria.

Além de Campinas, outro município com elevadas emissões veiculares mas que também apresenta boa avaliação, terceiro lugar em 2017, de qualidade do ar pelo PMVA, e certificação município verde azul, terceira posição em 2016, é Jundiaí. Ademais, dos municípios constantes como os maiores emissores veiculares (Tabela 20), dois deles não tinham aderido ao PMVA até 2017, a saber, Guarulhos e São Bernardo do Campo.

Embora a Tabela 20 somente demonstre algumas medidas de posição e dispersão, é possível observar a expressiva redução das emissões veiculares de gases poluentes nos municípios paulistas, com exceção do dióxido de carbono (CO_2), que cresceu de uma média de 36.501,28 toneladas, em 2006, para 57.665,78, em 2015. Além desta redução, dada a grande disparidade no número da frota de veículos nos municípios paulistas, se observa também, como era de se esperar, uma grande heterogeneidade na quantidade emitida de gases poluentes, o que pode ser visto pelo elevado coeficiente de variação presente na Tabela 20.

De acordo com a CETESB (2016a) as emissões de gases de efeito estufa, cujo principal emissor é justamente o CO_2 mas inclui também o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), de fato, aumentaram de 2006 para 2015 no estado, passando de 31 milhões de toneladas de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ para 41 milhões. A despeito disto, a partir de 2013 estas emissões passaram a diminuir, sendo que de 2014 para 2015 houve uma redução da ordem de 9%, o que segundo a CETESB (2016a), pode ser explicado pelo aumento no uso do etanol em substituição à gasolina e também pela redução do consumo aparente de diesel. Das 41 milhões de toneladas de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ emitidas em 2015, 15 milhões foram dos caminhões e 12 milhões dos automóveis.

As menores emissões para a maior parte dos gases analisados, medidas em toneladas, tanto em 2006 quanto em 2015, foram as de Borá, município da mesorregião de Assis que, em 2015, tinha somente 808 habitantes, 77,85% de grau de urbanização, rendimento médio de empregos formais de R\$ 2.230,61, sendo este superior, portanto, à média estadual (R\$ 2.016,24). Sua frota estimada foi de 230 veículos, dos quais 120 automóveis, resultando numa relação habitantes por veículo de 3,51, superior à média estadual (2,35). De acordo com informações presentes na página *online* da própria prefeitura, Borá foi considerado, em 2015, o segundo menor município do país em número de habitantes e um dos menores em número de eleitores, com somente 1.060 eleitores em 2014.

Independente da fonte emissora e adotando como referência padrões estaduais de qualidade do ar, em 2015, segundo CETESB (2016b), não houve ultrapassagem, em nenhuma das estações da região metropolitana de São Paulo, Baixada santista e interior do estado, do padrão horário (estabelecido em $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e nem do padrão anual ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para o

poluente dióxido de nitrogênio. No que se referem às emissões de monóxido de carbono, as maiores concentrações do estado se localizaram na região metropolitana de São Paulo, sem, no entanto, haver ultrapassagem do padrão de 9 ppm (ao longo de um tempo de amostragem de 8 horas).

A queda das concentrações do monóxido de carbono nas cidades, segundo CETESB (2016b), pode ser explicada pela redução das emissões dos veículos leves, explicado pela queda na idade média desta frota. Apesar disso, a redução, nos últimos anos, das concentrações do poluente supracitado ocorre de forma cada vez mais lenta, o que, por sua vez, pode indicar que o efeito escala, via aumento da frota, evidentemente deve estar impactando em tais resultados.

No que se refere ao poluente dióxido de enxofre, as concentrações também sofreram redução ao longo dos anos, de acordo com medições feitas pelas estações de monitoramento da CETESB (2016b), localizadas em distintos municípios paulistas. Nas estações presentes na cidade de Cubatão, a saber, Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Centro, constataram-se ultrapassagens do padrão diário de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nessa cidade, no entanto, diferentemente dos grandes centros urbanos, a principal fonte emissora são as indústrias. Conforme ressaltado por Vormittag e Saldiva (2017), como os padrões de qualidade do ar do estado de São Paulo são inferiores aos estabelecidos pela OMS, o número de ultrapassagens, por sua vez, seria ainda maior se fossem adotados padrões mais rigorosos.

Com relação aos 15 municípios com as maiores emissões de gases poluentes no estado, tanto em 2006 quanto em 2015, salvo algumas exceções, a grande maioria pertence à macrometrópole paulista e/ou regiões metropolitanas e independente do tipo de gás considerado, sempre estão entre os 15 maiores emissores. Dentre os municípios que não pertencem às regiões supracitadas estão Bauru, São José do Rio Preto e Franca, cidades estas que constam da lista dos 15 municípios com a maior frota de veículos do estado, com exceção de Franca que possuía, em 2015, a 16ª maior frota do estado. Na Tabela 21 são apresentadas algumas informações sobre a frota circulante e as emissões de monóxido de carbono (CO), um dos principais gases emitidos pelos veículos, destes três municípios a fim de explicitar o motivo de serem grandes emissores de gases poluentes.

Com populações superiores a 330 mil habitantes, Bauru, Franca e São José do Rio Preto apresentaram, em 2015, frotas circulantes de veículos superiores a 120 mil, sendo que os três municípios estavam entre os 75 com as menores relações habitantes por veículos, respectivamente nas seguintes posições 15ª, 71ª e 5ª. A idade média da frota de veículos, em 2015, foi de 8,21, 9,5 e 8,33, respectivamente, em Bauru, Franca e São José do Rio Preto. No

que se refere ao rendimento médio dos empregos formais, dentre estes três municípios, somente Franca apresentou valor inferior ao da média estadual, em 2015.

Tabela 21 – Características da frota circulante de veículos e das emissões veiculares de CO nos municípios de Bauru, Franca e São José do Rio Preto em 2015

	Bauru	Franca	São José do Rio Preto	Estado
Frota circulante de veículos	156.986	124.364	208.576	15.394.614
Habitantes por veículos	2,26	2,66	2,06	3,99
Veículos com mais de 20 anos (%)	5,21	7,81	5,24	3,86
Automóveis com mais de 20 anos (%)	6	10,27	6,36	7,56
Caminhões com mais de 20 anos (%)	15,64	22,36	12,48	17,95
Ônibus com mais de 20 anos (%)	13,12	15,86	7,76	14,19
Emissões de CO da frota com mais de 20 anos (%)	33,10	41,10	31,64	37,24
Emissões de CO dos automóveis com mais de 20 anos (%)	43,38	55,52	43,5	47,46
Emissões de CO dos caminhões com mais de 20 anos (%)	35,31	67,45	42,16	34,92
Emissões de CO dos ônibus com mais de 20 anos	13,69	17,01	9,85	15,91

Fonte: Elaboração própria.

Os veículos com mais de 20 anos embora tenham correspondido a menos de 8% da frota de Bauru, Franca e São José do Rio Preto, foram responsáveis por mais de 30% das emissões totais de CO destas cidades em 2015. Entre os automóveis, caminhões e ônibus com mais de 20 anos, Franca foi o município, dentre os três, onde se observou tanto a maior participação destes veículos em suas respectivas categorias quanto maior contribuição destes para as emissões veiculares de CO, conforme Tabela 21. Assim, em Franca, 10,27% e 22,36%, respectivamente, da frota de automóveis e caminhões possuíam mais de 20 anos, em 2015, e foram responsáveis por 55,52% e 67,45% das emissões totais de CO dos automóveis e caminhões.

Ainda que em algumas cidades, principalmente as grandes, haja outros meios de transporte disponíveis à população, como o metroviário, um dos fatores que pode incentivar as pessoas a utilizarem o transporte coletivo é a oferta de ônibus. Como demonstrado pela Figura 29, o número de municípios paulistas com uma relação ônibus por mil habitantes superior a três passou de 107 (16,6% do total de municípios), em 2006, para 123 (19,1%), em 2015. Pela Figura 30, por sua vez, é possível observar que os municípios paulistas com o

maior número de ônibus por mil habitantes estão localizados, em sua grande maioria, nas regiões norte e noroeste do estado e em municípios com menos de 100 mil habitantes.

Figura 29 – Número de ônibus¹ por mil habitantes dos municípios paulistas nos anos de 2006 a 2015

Fonte: Elaboração própria a partir de dados das bases de dados da CETESB e da SEADE.

Nota: ¹ Inclui ônibus urbanos, micro-ônibus e ônibus rodoviários.

Figura 30 - Relação número de ônibus¹ por mil habitantes dos municípios paulistas no ano de 2015

Fonte: Elaboração própria a partir de dados das bases de dados da CETESB e da SEADE.

Nota: ¹ Inclui ônibus urbanos, micro-ônibus e ônibus rodoviários.

Em 2015, a grande maioria dos municípios paulistas, a saber, 78,4% (506 municípios), apresentou relação número de ônibus por mil habitantes maior que um e menor ou igual a três, conforme Figura 29. No que se referem às características dos 44 municípios com mais de quatro ônibus por mil habitantes, em 2015, todos possuíam população inferior a 162 mil habitantes, rendimento médio do total de empregos formais variando de R\$ 1.497,44 (Itobi) a R\$ 3.168,48 (Monções), e frota de automóveis e motocicletas variando de 254 (Uru) a 46.599 (Valinhos).

É importante ressaltar que, conforme Pesquisa de Mobilidade do governo do estado (2013), realizada na região metropolitana de São Paulo em 2012, quanto maior a renda familiar mensal, maior foi o uso do transporte individual em detrimento do coletivo. Dos 44 municípios que apresentaram relação ônibus por mil habitantes superior a quatro em 2015, quase metade deles (21 municípios) possuía rendimento médio do total de empregos formais inferior ao da média do estado, a saber, R\$ 2.016,24.

Ainda que sejam a minoria, 12 municípios¹⁵ no Brasil não cobram passagem de ônibus de seus usuários, segundo levantamento do site *Fare Free Public Transport* (2017), sendo que dois destes municípios estão no estado de São Paulo, a saber, Agudos, e Potirendaba¹⁶. Em 2015, estes municípios paulistas apresentaram relação ônibus por mil habitantes de 1,5 e 1,8 e população 35.374 e 16.092 habitantes, respectivamente. A gratuidade da passagem de ônibus nestes municípios foi implantada em 2003 e 1998, respectivamente (DESIDÉRIO, 2016).

Mesmo se tratando de municípios, no caso de Agudos e Potirendaba, com menos de 40 mil habitantes, segundo o secretário de transportes da cidade de São Paulo, em 1990, Lúcio Gregori, a implantação da tarifa zero independe do tamanho da cidade, visto que nos Estados Unidos, em 2013, havia 32 cidades com média de 400 a 500 mil habitantes adotando a tarifa zero (VIEIRA, 2013). Neste aspecto, é importante enfatizar que ainda que um sistema de transportes subsidiado pelo município seja um incentivo para o uso do transporte coletivo isso, no entanto, não quer dizer que o transporte individual não será utilizado visto que outros fatores serão considerados pelos munícipes, tais como qualidade e tempo de locomoção do transporte coletivo.

Como em 2015 as emissões CO dos automóveis e motocicletas responderam por, respectivamente 58% e 24% das emissões totais desse gás no estado (CETESB, 2016a), a

¹⁵ Na página eletrônica da *Fare Free Public Transport* constam 13 municípios, mas o projeto de Tarifa Zero foi vetado pelos vereadores de Paulínia, em outubro de 2013, segundo informações da prefeitura.

¹⁶ Os demais municípios são: Anicuns (GO), Eusébio (CE), Itatiaiuçu (MG), Ivaiporã (PR), Maricá (RJ), Monte Carmelo (MG), Muzambinho (MG), Pitanga (PR), Porto Real (RJ) e Silva Jardim (RJ).

análise das emissões por tipo de veículo se torna relevante e para ilustração foi escolhida a cidade de São Paulo, reconhecidamente a maior emissora do estado. De acordo com a Tabela 22, ainda que a participação percentual das emissões dos automóveis no total das emissões de monóxido de carbono tenha diminuído desde 2006, este tipo de veículo ainda é majoritariamente o principal responsável pelas emissões deste gás, na cidade São Paulo. Em 2015, por exemplo, mais de 80% das emissões veiculares de CO da capital paulista foram emitidas por automóveis e motos.

Tabela 22 – Participação percentual no total das emissões veiculares de monóxido de carbono (CO), por tipo de veículo, no município de São Paulo – 2006 a 2015

Ano	% no total das emissões de CO				
	Automóveis	Comerciais leves	Ônibus	Caminhões	Motos
2006	79,19	10,80	1,26	1,85	6,90
2007	78,26	10,61	1,37	2,00	7,76
2008	77,26	10,50	1,51	2,17	8,56
2009	76,53	10,44	1,63	2,29	9,11
2010	75,97	10,43	1,73	2,40	9,48
2011	75,36	10,46	1,82	2,43	9,92
2012	74,89	10,63	1,86	2,41	10,21
2013	74,25	10,92	1,91	2,44	10,48
2014	73,46	11,31	1,95	2,59	10,69
2015	72,78	11,57	2,00	2,75	10,89

Fonte: Elaboração própria.

No tocante ao tipo de combustível utilizado, segundo a Figura 31, a maior parte das emissões veiculares de CO, na cidade de São Paulo, foram lançadas por veículos utilizando a gasolina como combustível, o que já era de se esperar dada a importância das emissões de automóveis e motocicletas. Ainda assim, a Figura 31 deixa evidente também a grande redução das emissões veiculares oriundas do uso da gasolina.

Tanto no tocante à participação percentual por tipo de veículo quanto ao tipo de combustível é importante ressaltar, segundo CETESB (2016a), que veículos mais pesados, como os caminhões, circulam predominantemente em estradas, sendo que sua circulação nas cidades normalmente também é restrita. Isto, por sua vez, pode fazer com que, na realidade, a participação dos automóveis e motocicletas no total das emissões de CO sejam ainda maiores na cidade de São Paulo, desconsiderando evidentemente veículos de outros municípios que circulam na capital paulista.

Figura 31 – Emissões veiculares de monóxido de carbono (CO) na cidade de São Paulo, por tipo de combustível em 2015 (em toneladas)

Fonte: Elaboração própria.

Outra análise possível a partir das estimativas de emissões para os municípios é segundo a idade da frota circulante. Adotando novamente como referência o município de São Paulo, fica evidente que os veículos com mais de 20 anos, de fato, têm grande participação nas emissões totais, conforme demonstrado pela Tabela 23. De acordo com esta, em 2015, do total de emissões veiculares de CO dos automóveis os veículos com mais de 20 anos foram responsáveis por 48,98% das emissões, apesar de representarem apenas 7,8% da frota de automóveis.

Tabela 23 – Participação dos veículos com mais de 20 anos no total das emissões veiculares de CO das cidades de São Paulo e Embaúba - 2015 (em %)

Tipo de veículo com mais de 20 anos	% das emissões na respectiva categoria de veículo / total		% na frota da respectiva categoria / total		Idade média (em anos)	
	São Paulo	Embaúba	São Paulo	Embaúba	São Paulo	Embaúba
Automóvel	48,98	66,65	7,8	15,57	9,37	11,71
Comercial leve	33,60	51,49	4,81	12,92	7,56	9,42
Ônibus	14,85	50,44	13	55,58	10,36	20,21
Caminhões	38,81	44,06	16,29	33,88	11,53	15,19
Motocicletas	5,47	5,77	2,14	2,29	7,5	7,88
Total	41,5	59	6,96	15,58	8,96	11,34

Fonte: Elaboração própria.

Ainda tendo como referência a cidade de São Paulo e as emissões de CO, observa-se que no segmento dos caminhões, os modelos com mais de 20 anos contribuíram, com quase 39% do total das emissões veiculares emitidas por este tipo de veículo, em 2015. No caso das motocicletas, dado que estas apresentam em geral uma idade média inferior ao dos demais tipos de veículos, a participação daquelas com mais de 20 anos foi de apenas 5,47%. Por fim, no que se refere ao total das emissões veiculares de CO na cidade de São Paulo, em 2015, os veículos com mais de 20 anos foram responsáveis por 41,5%, mesmo representando tão somente 6,96% do total da frota de veículos do município.

Como o município de Embaúba foi aquele onde as emissões de veículos com mais de 20 anos tiveram maior participação no total das emissões de CO, com 59%, as características deste também estão presentes na Tabela 23. Este pequeno município possuía, em 2015, apenas 2.408 habitantes, frota circulante estimada em 471 veículos, rendimento médio do total de empregos formais¹⁷ de R\$ 1.719,63 (inferior à média estadual) e 85,75% de urbanização. De acordo com a Tabela 23, todos os tipos de veículos com mais de 20 anos, com única exceção das motocicletas, responderam, em 2015, por mais de 40% do total das emissões de CO nas suas respectivas categorias, sendo que no caso dos automóveis esta participação foi de 66,65%. Outro aspecto a se notar no município de Embaúba é a expressiva participação de caminhões e ônibus com mais de 20 anos no total da frota de cada categoria, o que consequentemente justifica o fato da idade média da frota de caminhões e ônibus ser de, respectivamente, 15,19 e 20,21 anos.

Ainda que as cidades de São Paulo e Embaúba tenham sido examinadas como referência, no estado como um todo se observa uma participação maior das emissões dos veículos com mais de 20 anos no total das emissões de CO em municípios menores, conforme é possível verificar na Figura 32, construída para o ano de 2015.

¹⁷ Segundo informações da base de dados *online* da SEADE (2017) corresponde à “soma dos rendimentos individuais em dezembro de cada ano, dividida pelo número de empregos formais, exclusive aqueles sem remuneração no mês”.

Figura 32 – Participação das emissões de CO da frota de veículos com mais de 20 anos no total das emissões veiculares de CO nos municípios paulistas – 2015 (%)

Fonte: Elaboração própria.

No que se refere à frota de veículos mais antigos é importante destacar que o IPVA, no Brasil, ao ser calculado sobre o valor de mercado do veículo, medido pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), se traduz num imposto pelo qual, normalmente, veículos mais velhos pagam menos, ou seja, o imposto é regressivo segundo a idade do veículo. Ademais, os proprietários de veículos mais antigos, que já ultrapassaram a idade limite estabelecida por cada estado, que varia de 10 a 20 anos, são isentos do pagamento do IPVA. Assim, em estados como Paraná e São Paulo os proprietários de veículos com mais de 20 anos são isentos do pagamento do IPVA, sendo que em alguns estados, como Rio Grande do Norte e Roraima, esta isenção contempla veículos acima de 10 anos.

Ainda que vários estados tenham feito alterações em suas legislações, principalmente aumentando a idade limite para a isenção do IPVA, a forma de tributação adotada no Brasil para este imposto não segue o que já vem sendo adotado por outros países, como os Estados Unidos e os europeus, onde quanto mais antigo o veículo maior é o imposto cobrado. Disso resulta que enquanto a renovação da frota de veículos acaba sendo estimulada pela forma de

tributação adotada em outros países, no Brasil, no entanto, a forma de cobrança do IPVA e o sistema de isenção dele para veículos mais antigos, claramente incentivam os proprietários destes veículos a mantê-los em circulação.

Em novembro de 2016, a ANFAVEA, associação representante dos fabricantes de veículos automotores, propôs, com o intuito de estimular a renovação da frota, a substituição do IPVA por um imposto sobre circulação de veículos automotores (ICVA), onde proprietários de automóveis e comerciais leves passariam a pagar o mesmo valor anual de imposto, independente do valor de mercado do veículo ou seu ano de fabricação, algo que segundo Luiz Moan, então presidente da ANFAVEA, já ocorre de forma similar em outros países, dentre os quais a Inglaterra. Veículos fabricados há mais de 20 anos, no entanto, continuaram isentos de tal tributo, segundo notícia da revista Quatro Rodas (2016).

Ainda que um incentivo à renovação da frota brasileira de veículos automotores possa, *ceteris paribus*, reduzir significativamente as emissões de gases poluentes provenientes desta fonte móvel, é importante ressaltar que se por um lado se ameniza um problema por outro, cria-se um novo visto que uma renovação da frota resultará no descarte e consequente necessidade de destinação correta de muitos veículos, algo que ainda carece de solução no país.

Outro fator a se considerar quanto à maior participação das emissões dos veículos com mais de 20 anos no total das emissões de CO em municípios menores é que provavelmente em tais localidades o mercado de veículos usados seja mais expressivo. Isto porque similarmente ao observado pela Pesquisa de Mobilidade do governo do estado (2013), realizada na região metropolitana de São Paulo em 2012, onde se observou que quanto maior a renda familiar mensal maior foi o uso do transporte individual, no caso de pequenos municípios, onde normalmente a renda familiar é menor do que nas grandes cidades e o serviço de transporte coletivo nem sempre é suficiente, a opção pelo transporte individual talvez seja através da compra de veículos usados e mais antigos.

Dado que pode haver grande variação nas participações das emissões de CO de veículos com mais 20 anos no total, estas foram também analisadas considerando os distintos tipos de veículos existentes. Assim, dentre os automóveis se constata que, em quase 60% dos municípios paulistas, as participações dos veículos com mais de 20 anos no total das emissões de CO estão entre 50% e 60%, conforme Tabela 24.

Tabela 24 - Participação das emissões de CO da frota de veículos com mais de 20 anos no total das emissões veiculares de CO, por tipo de veículo – 2015 (%)

Número de municípios					
% das emissões de CO de veículos com mais de 20 anos no total	Automóveis	Comerciais leves	Ônibus	Caminhões	Motos
[0, 30%[	2 ¹	152	371	195	645
[30%, 40%[	15	412	129	232	0
[40%, 50 %[	146	76	89	137	0
[50%, 60%[	385	5	40	61	0
[60% ou mais	97	0	16	20	0
	28,11		0		
% mínima	(São Vicente)	7,89 (Borá)	(Alambari e Santa Cruz da Esperança)	2,54 (Borá)	0,98 (Taquaral)
% máxima	72,36 (Itirapuã)	57,84 (Cabrália Paulista)	91,7 (Flora Rica)	87,48 (Parisi)	9,86 (São Joaquim da Barra)

Fonte: Elaboração própria.

Nota: ¹ São Vicente e Praia Grande.

A menor participação dos veículos com mais de 20 anos no total das emissões de CO, no caso dos automóveis, foi de 28,11%, no município de São Vicente, sendo que dentre as demais nove cidades com menores participações, seis estão localizadas no litoral e ocupam as seguintes posições: segunda, terceira, quinta, sétima, oitava e nona (respectivamente, Praia Grande, Guarujá, Bertioga, Ilhabela, São Sebastião e Santos). O município que ocupa a quarta posição nesta classificação também está localizado próxima a esta região, a saber, Cubatão. No que se refere às características destes dez municípios, nota-se que todos possuem rendimento médio¹⁸ superior à média estadual (R\$ 2.016,24) e, com exceção de Borá (11°), todos os demais possuem grau de urbanização superior a 98%.

Ainda que a participação das emissões dos veículos pesados com mais de 20 anos no total das emissões de CO em suas respectivas categorias sejam menores se comparada a dos veículos mais leves, automóveis e motos, chama a atenção, na Tabela 24, o percentual alcançado na categoria ônibus e caminhões, respectivamente, pelas cidades de Flora Rica (91,7%) e Parisi (87,48%), o que merece considerações.

Localizadas, respectivamente, nas mesorregiões de Presidente Prudente e São José do Rio Preto, Flora Rica e Parisi possuem grau de urbanização superior a 80%, mas inferior à média estadual (85,75%), rendimento médio entre R\$ 1.700 e R\$ 2.000 e população inferior a

¹⁸ Rendimento médio do total de empregos formais (em reais correntes), presente na base de dados *online* do SEADE.

2.100 habitantes. Ademais, segundo estimativas da CETESB (2016a), Flora Rica e Parisi possuem frota circulante de caminhões de apenas 15 e 14 veículos, com idades médias de 10,94 e 13,60 anos, respectivamente. A frota de ônibus, destes municípios, por sua vez, é composta de somente 3 e 7 ônibus, respectivamente, com idades médias de 24,05 e 9,74 anos, justificando assim a elevada proporção das emissões dos veículos com mais de 20 anos no total das emissões de CO em cada categoria.

Os 20 municípios, e suas características, com as maiores participações de emissões de veículos com mais de 20 anos no total de emissões de CO por automóveis são apresentados na Tabela 25. Optou-se por analisar especificamente esta categoria porque, os automóveis, juntamente com as motocicletas, são veículos que normalmente circulam mais dentro dos limites das cidades do que veículos mais pesados, sendo que no caso das motocicletas a frota circulante estimada com mais de 20 anos é inexpressiva.

Pela Tabela 25 é possível observar que as maiores participações percentuais das emissões de CO de automóveis com mais de 20 anos no total de emissões de CO dos automóveis foram encontradas em municípios com menos de 20 mil habitantes, com rendimento médio inferior à média estadual (exceção de Nova Canaã Paulista), com grau de urbanização variando entre 43,79% e 100% e com automóveis com idade média superior ao da média estadual.

Tabela 25 – Os 20 municípios com as maiores participações percentuais de emissões de veículos com mais de 20 anos no total de emissões de CO dos automóveis e outras variáveis- 2015

Município	% das emissões de automóveis com mais de 20 anos no total de emissões de CO dos automóveis	População (hab.)	Rendimento médio do total de empregos formais (em R\$ correntes)	Grau de urbanização (%)	Idade média da frota circulante de automóveis
Itirapuã	72,36	6.094,00	1.592,66	84,95	12,47
Santo Antônio da Alegria	71,65	6.477,00	1.363,03	74,7	11,77
Redenção da Serra	69,55	3.847,00	1.591,86	65,14	12,45
Aparecida d' Oeste	68,49	4.283,00	1.510,51	84,68	12,27
Cássia dos Coqueiros	67,52	2.553,00	1.409,18	72,7	10,88
Caconde	67,31	18.685,00	1.521,78	70,02	12,07
Nova Canaã Paulista	67,07	2.020,00	2.045,28	46,09	12,71
Embaúba	66,65	2.408,00	1.719,63	87,04	11,71
Sagres	66,34	2.366,00	1.378,28	80,47	13,20
Sarutaiá	65,76	3.629,00	1.631,17	84,16	11,94
Palmeira d' Oeste	65,51	9.313,00	1.676,25	78,8	12,20
Uru	65,42	1.223,00	1.755,43	90,92	11,33
Arapeí	65,13	2.472,00	1.393,91	76,46	12,67
Nova Guataporanga	65,12	2.186,00	1.770,15	88,47	12,35
Jeriquara	65,06	3.148,00	1.685,64	84,91	11,73
Salmourão	64,83	4.960,00	1.532,22	92,32	12,69
Monteiro Lobato	64,83	4.298,00	1.616,90	43,79	11,78
Pedregulho	64,81	16.002,00	1.901,72	74,28	11,72
Analândia	64,80	4.593,00	1.906,77	81,71	11,59
Joanópolis	64,63	12.255,00	1.516,74	100	11,69
Média estadual	53,58	66.738,84	2.016,24	85,75	10,44

Fonte: Elaboração própria a partir de dados próprios, da SEADE e da CETESB.

Por se tratar de uma fonte de emissão móvel, ao se utilizar dados municipais é preciso ressaltar que as emissões não necessariamente ficam restritas à localidade onde os veículos estão registrados, de forma que em municípios conhecidos como dormitórios, ou seja, aqueles onde os habitantes se deslocam diariamente para outras localidades maiores a trabalho, as estimativas podem estar superestimadas e em municípios grandes, portanto, pode haver uma subestimação. De forma que qualquer conclusão deve ser delineada com muito cuidado.

Ademais, outra consideração a ser feita é que para alguns tipos de veículos, de fato há mobilidade muito grande de forma que não é possível saber onde foram lançadas as emissões. Este é o caso principalmente de ônibus rodoviários e caminhões. Ademais, outro fator que aumenta a circulação de veículos numa região é a presença de serviços especializados, tais como hospitais de referência, o que conseqüentemente atrai pessoas de distintas regiões, aumentando o fluxo de veículos.

Por fim, ainda que outros distintos fatores possam influir na frota circulante de um município, há que se considerar também a presença de veículos emplacados em estados que cobram uma alíquota menor de IPVA, principalmente veículos de pessoa jurídica. Uma forma de saber onde as emissões foram lançadas é trabalhar com dados que mensurem o tráfego em determinadas vias, o que, por sua vez, reduz o tamanho da amostra e limita a análise às áreas que possuem este tipo de monitoramento.

Conforme já ressaltado nesta pesquisa, a concentração de gases poluentes na atmosfera pode implicar em distintos problemas para a sociedade, dentre eles a ocorrência ou agravamento de problemas respiratórios. Ainda que o fato de uma pessoa ter sido internada já indique um agravamento do estado de saúde, na ausência de outra variável, apresenta-se na Figura 33 o número de internações hospitalares por doenças respiratórias, por mil habitantes, no estado de São Paulo. Desde 2006 observa-se uma redução desta variável em todo o estado, ainda que em alguns municípios ainda haja valores superiores a 15 internações por mil habitantes.

Quando se identificam os municípios com os maiores índices de internação por doenças respiratórias por mil habitantes, conforme Tabela 26, observa-se que estas cidades não são, no entanto, as identificadas, nesta pesquisa, como aquelas responsáveis pelos maiores níveis de emissão de gases poluentes por veículos automotores rodoviários. Os municípios com os maiores números de internações por mil habitantes possuem população inferior a 26 mil habitantes e proporção de idosos, em sua grande maioria, superior à média estadual.

Figura 33 – Número de internações hospitalares por doenças respiratórias por mil habitantes, nos municípios paulistas, em anos selecionados - 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria usando o *software* IPEAGEO e a partir de dados do DATASUS e SEADE.

Tabela 26 – Indicadores de população, setor produtivo e profissionais de saúde para os municípios paulistas com os maiores números de internações por doenças respiratórias por mil habitantes – 2014 e 2015

Município	Internações por doenças respiratórias (mil hab)	População	População com até 14 anos (%)	População com 60 anos ou mais (%)	Número de profissionais da saúde (por mil hab.) ¹	Setor com maior participação no valor adicionado (2014) ²
Palmeira d' Oeste	31,89	9.313	15,71	21,02	5,69	Agropecuária
União Paulista	29,31	1.672	20,28	15,55	5,38	Agropecuária
Magda	27,35	3.144	15,46	20,77	2,23	Agropecuária
Herculândia	27,06	8.980	20,36	14,09	4,68	Agropecuária
Monte Aprazível	26,79	22.773	16,91	16,92	12,16	Indústria
Monte Azul Paulista	24,74	18.554	17,61	15,85	4,64	Indústria
Neves Paulista	24,32	8.716	13,84	20,45	12,39	Indústria
Nipoã	24,25	4.660	19,12	12,81	2,79	Agropecuária
Jaci	23,80	6.344	18,08	11,73	9,30	Indústria
Teodoro Sampaio	23,35	21.930	21,44	12,07	6,11	Indústria
Nhandeara	23,34	10.795	14,34	20,61	8,62	Agropecuária
Duartina	22,37	12.116	17,50	18,55	11,97	Indústria
Floreal	22,21	2.926	13,06	23,65	9,23	Agropecuária
Parapuã	21,95	10.662	16,69	18,85	4,78	Agropecuária
São Sebastião da Gramma	21,79	11.976	18,82	15,4	5,34	Agropecuária
Indiaporã	21,45	3.869	16,67	21,01	9,56	Agropecuária
Angatuba	20,46	23.362	20,69	13,5	5,52	Indústria
Divinolândia	19,87	11.020	16,46	18,08	20,33	Agropecuária
Dois Córregos	19,64	25.870	21,42	14,24	7,61	Indústria
Marinópolis	19,51	2.101	17,47	15,75	4,76	Agropecuária
Média estadual	7,63	66.738,84	19,09	14,74	6,99	-

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do DATASUS e do SEADE.

Nota: ¹ Inclui auxiliares e técnicos de enfermagem e médicos.

² Setores: indústria e agropecuária.

Ademais, na maioria dos municípios presentes na Tabela 26, comparando as atividades da indústria e da agropecuária, o setor que mais contribuiu para o total do valor adicionado pelos respectivos municípios, em 2014, foi a agropecuária, indicando que os problemas respiratórios podem estar sendo agravados pelas emissões oriundas desta atividade. Quando se analisam três setores, a saber, indústria, agropecuária e serviços, em todos os municípios da Tabela 26, o setor de serviços foi o que apresentou a maior participação no valor adicionado.

Em todos os municípios, inclusive aqueles onde a atividade principal é a indústria, há cultivo de cana-de-açúcar, atividade onde o processo de queima da palha da cana na fase de pré-colheita ainda é prática utilizada em regiões onde a mecanização não é possível. Pesquisa de Chagas *et al.* (2016) demonstrou que as regiões produtoras de cana têm impacto no total de internações por doenças respiratórias no estado de São Paulo. Outra fonte de emissões de gases poluentes no setor agropecuário, e que não está englobada quando se trata de veículos automotores rodoviários, são os tratores, que, por conseguinte, em municípios com grandes áreas rurais, poderão ter significativa participação no total das emissões.

Dos 20 municípios paulistas com os maiores números de internações por doenças respiratórias, por mil habitantes, 11 deles se encontram na mesorregião de São José do Rio Preto, dois nas mesorregiões de Bauru, Campinas e Presidente Prudente e um nas mesorregiões de Ribeirão Preto, Itapetininga e Marília. Assim, verifica-se que a maioria destes municípios está na região noroeste do estado, que segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) é mais quente e com clima tropical chuvoso, apresentando inverno seco e temperatura média superior a 18°C no mês mais frio.

A ausência aparente de correlação entre os municípios com o maior número de internações por doenças respiratórias por mil habitantes e aqueles com as maiores emissões veiculares de gases poluentes, enseja a necessidade de pesquisas futuras buscando uma mensuração de um possível impacto, o que pode ser feito utilizando as estimativas mensuradas nesta pesquisa e ferramental econométrico.

Ademais, vale ressaltar que o fato do maior número de internações por doenças respiratórias estar concentrado em pequenos municípios pode ser devido à possível falta de estrutura e atendimento médico preventivo nestas localidades, já que conforme Tabela 26, há municípios com números de profissionais da saúde inferiores à média estadual, como Magda. Além disto, fatores climáticos também podem influenciar no agravamento de doenças respiratórias, ou características da produção industrial e agrícola na região.

No que se refere às emissões de gases poluentes na atmosfera é importante destacar que elas podem ser lançadas tanto por fontes móveis como imóveis e, por conseguinte por diversas atividades produtivas e não somente pelos meios de transporte. Ademais, a identificação das fontes emissoras de gases poluentes ou resíduos em uma dada região, no entanto, nem sempre é fácil. Pode envolver distintos agentes e, por exemplo, no caso da poluição de um rio, a contaminação normalmente é gerada em toda a sua extensão e tanto por indústrias como por moradores.

A correção da ineficiência gerada na presença de externalidades, tal como já discutido na presente pesquisa, pode ser feita via aplicação de soluções baseadas no mercado, como a cobrança de impostos ou da criação de um mercado de certificados negociáveis de poluição, ou ainda via análise de custo-efetividade ou análise custo-benefício. No caso das emissões de gases poluentes por fontes móveis, como os veículos automotores, a redução vem sendo possível, no Brasil, por meio de legislação regulamentando os parâmetros permitidos de emissão por veículo, a saber, os programas PROCONVE e PROMOT.

Ademais, uma alternativa adotada por cidades, como São Paulo e algumas cidades italianas e gregas, para diminuir a circulação de veículos nas vias centrais, é a implantação de rodízio municipal, em que de acordo com o final de placa e do dia da semana determinados veículos ficam proibidos de transitar, em horários e locais estabelecidos pela companhia de tráfego. Os infratores do sistema de rodízios, por sua vez, são punidos com multa.

Ainda que o sistema de rodízio tenha os seus resultados, agentes com maior poder aquisitivo podem optar por adquirir outro veículo, de tal forma que não sejam impossibilitados de circular durante um dia da semana, o que consequentemente diminui a efetividade do programa de rodízio. Segundo dados apresentados por Jordão e Salvo (2016), um quarto dos paulistanos demora entre uma e duas horas para chegar ao seu local de trabalho, diariamente, e a velocidade média dos veículos no horário de pico da tarde, entre 17h e 20h, na cidade é de apenas 15 quilômetros por hora. De acordo com Andrade (2004), uma solução baseada no sistema de mercado para os congestionamentos gerados pelos veículos e seu consequente aumento das emissões de gases poluentes, é a cobrança de pedágio para transitar nas ruas centrais, tal como é adotado na cidade de Londres desde fevereiro de 2003, Estocolmo, desde 2007, Santiago, desde 2005, e em Singapura, pioneira neste tipo de cobrança, desde 1975 (JORDÃO e SALVO, 2017). Nesta última, somente nos primeiros meses à adoção do sistema de pedágio, os congestionamentos e acidentes reduziram 45% e 25%, respectivamente, segundo Jordão e Salvo (2017).

Em Londres, segundo Jordão e Salvo (2016), a cobrança de pedágio abrange uma área de 21 quilômetros quadrados e funciona, de segunda a sexta, das 7h às 18h, o valor cobrado é de 10 libras por dia que o veículo transitar na área delimitada, sendo que moradores do perímetro pedagiado tem descontos que podem chegar a 90% e são isentas de pagamento as motocicletas, táxis, bicicletas, veículos de emergência e veículos de pessoas portadoras de deficiência física. A fiscalização é feita através de 197 câmeras que fazem a leitura da placa dos veículos e o montante arrecadado é investido no transporte público, completam as autoras.

Outras soluções que podem ser citadas para reduzir o trânsito nas cidades são o aumento de ciclovias; destinação de ruas ou pistas exclusivas para automóveis transportando mais de dois ou três passageiros, como ocorre nos Estados Unidos; a implantação de selos e zonas ambientais onde somente veículos menos poluentes podem circular nas áreas delimitadas, sistema utilizado na Alemanha; compartilhamento de veículos, serviço este já utilizado em algumas cidades brasileiras e também em Paris e na Alemanha; e, corredores e faixas exclusivas para o transporte público, adotado por distintas cidades, como Curitiba e Bogotá.

Ainda que medidas para desincentivar o trânsito de veículos nas regiões centrais das cidades, como o rodízio e o pedágio, sejam impopulares para a maioria da população, até que efetivamente comecem a gerar resultados, soluções, no entanto, tem que ser pensadas e discutidas no intuito de permitir a mobilidade nas cidades, evitando ou amenizando as externalidades que vem sendo geradas nelas pelos congestionamentos de veículos, como poluição atmosférica, sonora, etc., que, por conseguinte pioram a qualidade de vida do munícipe, via agravamento ou desenvolvimento de problemas respiratórios, estresse, entre outros. De acordo com pesquisa de Vormittag e Saldiva (2017), duas horas de exposição ao trânsito da cidade de São Paulo correspondem ao consumo de um cigarro por dia, sendo que a poluição do ar foi responsável, em 2015, por 31 óbitos precoces por dia no estado de São Paulo, valor este mais que o dobro de mortes por acidentes de trânsito, quase cinco vezes superior ao de óbitos de câncer de mama e quase 6,5 vezes maior do que as mortes pela síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS, da sigla em inglês).

Na Europa, utilizando uma amostra de 41 países, estimou-se que a exposição aos gases material particulado ($PM_{2,5}$), dióxido de nitrogênio (NO_2) e ozônio O_3 resultou, respectivamente, na morte prematura de 428 mil, 78 mil e 14,4 mil pessoas no ano de 2014, o que implica numa média de 1.172,6, 213,7 e 39,4 mortes por dia, respectivamente, segundo dados da Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2017).

Por fim, é importante enfatizar que embora distintas medidas possam ser implementadas para reduzir os congestionamentos, e consequentemente as emissões, provocados principalmente por meios de transportes individuais, as cidades ainda carecem de investimentos em sistemas de transportes coletivos, o que precisa ser feito tanto para aumentar a sua oferta como também sua qualidade. Dito de outra forma, um sistema de transporte coletivo eficiente e de qualidade pode ser um atrativo para que um indivíduo passe a utilizá-lo em detrimento do transporte individual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que proporcionem benefícios à sociedade, tais como conforto, praticidade e deslocamento, na maioria dos casos mais rápido do que a marcha a pé, os veículos automotores rodoviários geram diversos tipos de externalidades negativas, desde as mais conhecidas, como os congestionamentos, as emissões de gases poluentes e a poluição sonora, até outras pouco lembradas, como a geração de resíduos.

No caso das emissões de gases poluentes, mesmo que os veículos mais novos emitam menos gases por quilômetro rodado, as emissões geradas pelas unidades mais velhas ainda têm um peso muito grande nas emissões totais do estado de São Paulo. Ainda que uma renovação da frota possa reduzir as emissões veiculares de gases poluentes, o crescimento da frota, por outro lado, exerce cada vez mais pressão para o aumento destas emissões. Nesse aspecto, é importante ressaltar que se por um lado a renovação da frota pode reduzir as emissões veiculares de gases poluentes, por outro, no entanto, poderá gerar uma quantidade maior de resíduos sólidos, tendo em vista os veículos que deixarão de circular.

Além disso, mesmo com a renovação da frota ainda persiste a insustentabilidade do consumo do automóvel, já que este é crescentemente usado para o transporte individual, ou seja, na maior parte das vezes transportando menos pessoas do que sua capacidade total. Ainda que políticas possam ser implantadas para minimizar este problema, como a destinação de faixas exclusivas para veículos transportando mais passageiros, tal como muito bem sintetiza Hawken *et al.* (2007, p.44), o automóvel precisa se tornar “um acessório da vida, não seu princípio organizacional central”.

Vale ressaltar também que as emissões veiculares poderiam ser totalmente eliminadas com o uso de fontes alternativas de combustíveis, como a eletricidade e as células de hidrogênio, tecnologias estas que, segundo Barassa (2015), não têm tido nítido apoio do governo brasileiro, sendo os incentivos e políticas pouco significativas e pontuais. Ademais, falta no país uma coordenação entre as ações do governo, das empresas e dos institutos de ciência e tecnologia, no que se refere à formação de um complexo automobilístico direcionado ao veículo elétrico, completa o autor.

Enquanto isso, vários países europeus, como Alemanha, França, Reino Unido e Noruega fixaram datas limites, que variam de 2025 a 2040, para interromper a produção e importação de veículos de motor a combustão, sendo permitidos, no entanto, os veículos híbridos. A montadora de automóveis Volvo, por sua vez, já anunciou que a partir de 2019, todos os seus modelos terão motor elétrico, o que faz com que ela seja a primeira montadora

de automóveis convencional a estipular o fim dos motores a combustão interna, ressalta Migliacci (2017).

Ademais, os veículos automotores rodoviários são um dos principais emissores de alguns gases poluentes presentes nos centros urbanos, como monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxido de nitrogênio. A concentração de gases poluentes no estado de São Paulo, medida pela CETESB por meio de estações de monitoramento presentes em várias localidades, apesar de decrescente, e de somente algumas ocorrências, segundo padrões estaduais, serem classificadas como ruins, é normalmente superior ao estabelecido pela OMS. Pode vir a ser identificada como superior à referência estipulada pela OMS. Dito de outra forma, ao adotar padrões de qualidade do ar mais lenientes do que os da OMS, ainda que a redução na concentração de gases poluentes seja importante ainda está num nível superior ao ideal em termos mundiais.

As políticas implantadas nos últimos anos no Brasil, com exceção das obras de transporte público feitas exclusivamente para eventos mundiais, como os jogos olímpicos e a copa do mundo de futebol, têm dado incentivos fiscais cada vez maiores ao transporte individual, sendo que em algumas cidades o foco tem sido deixar as ruas e avenidas mais largas para diminuir o trânsito. Assim, pouco se investe em oferta de transporte público de qualidade, infraestrutura de transporte de massa e transporte não motorizado.

Um incentivo para o uso do transporte público é a criação de faixas e corredores exclusivos de ônibus que diminuam o tempo de deslocamento e também uma rede integrada de transportes públicos ligando distintos pontos das cidades. Apesar de seu elevado custo de construção, podendo variar de R\$ 200 milhões a R\$ 500 milhões o quilômetro, segundo (CARVALHO, 2016), o investimento no sistema metroferroviário é outra opção do setor público não só para os grandes centros urbanos como também para a locomoção de pessoas entre cidades, o que consequentemente poderia reduzir os congestionamentos nas vias marginais de grandes cidades, como São Paulo.

Anunciado pelo governo federal em junho de 2009 para ficar pronto até a copa do mundo de futebol de 2014, o trem de alta velocidade, popularmente conhecido como trem bala, que ligaria as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, no entanto, atualmente tem como previsão de conclusão das obras apenas no ano de 2020. Com o uso do trem bala o tempo estimado de viagem entre as duas cidades supracitadas é de apenas 80 minutos, percurso que utilizando o transporte rodoviário pode demorar mais de cinco horas.

Incluído no Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) do governo federal, em 2017, o projeto de implantação do Trem Intercidades (TIC), de autoria do governo estadual

paulista, prevê a ligação, via trens de média velocidade, das regiões metropolitanas de Campinas, São Paulo, Vale do Paraíba e Baixada Santista. De acordo com informações divulgadas pela Folha de São Paulo (2017), o trajeto do projeto TIC compreenderá um total de 135 km e nove estações, pretendendo atender até 60 mil passageiros por dia.

Outras políticas públicas alternativas para a redução das emissões veiculares e dos congestionamentos é a melhor distribuição das atividades econômicas e consequentemente das ofertas de emprego pelo território, evitando a necessidade de grandes deslocamentos, e também o uso de combustíveis alternativos mais limpos nas frotas de veículos pesados, como os ônibus.

Ademais é importante ressaltar que, assim como observado nos EUA, há um aumento das vendas em todo o país, segundo a Fenabrave (2017a,b), de automóveis mais potentes, tais como os sedans e os utilitários esportivos. Estes veículos têm uma autonomia menor se comparada a dos automóveis *hatback*, e normalmente emitem mais gases poluentes.

Assim, ainda que programas como o PROCONVE e PROMOT tenham tido uma grande participação na redução das emissões veiculares, o próprio aumento da frota e a expansão de SUVs e modelos esportivos e consequentemente, dos congestionamentos, podem aumentar, no longo prazo, as emissões no estado de São Paulo, região com a maior concentração da frota no país.

De acordo com as estimativas obtidas nesta pesquisa, ainda que municípios pertencentes a regiões metropolitanas e/ou à região conhecida como macrometrópole estejam entre os maiores emissores dos gases poluentes veiculares inventariados, três municípios fora destas áreas também figuraram nesse *ranking* negativo, a saber, dependendo do tipo de gás poluente, Bauru, Franca e São José do Rio Preto. Esta constatação evidencia a importância de aprofundar o exame do perfil da mobilidade e do crescimento desses municípios e eventualmente discutir medidas para mitigar ou reduzir suas emissões, além da região metropolitana de São Paulo, que há anos busca reduzir a poluição atmosférica veicular e o congestionamento, por exemplo, adotando o rodízio de placas.

Em 2015, Bauru, Franca e São José do Rio Preto apresentaram relação habitantes por veículo e idade média da frota inferiores à média estadual, caracterizando a tendência do transporte individual, já comentado, como modelo de mobilidade. Além disto, como demonstrado na presente pesquisa, embora a frota de veículos com mais de 20 anos represente menos de 8% da frota total destes municípios, foram responsáveis por mais de 30% das emissões totais de CO destas cidades. A mesma evidência foi observada na cidade de São Paulo onde os veículos com mais de 20 anos responderam, em 2015, por 41,5% das emissões

de CO, apesar de corresponderem a menos de 7% do total da frota de veículos da capital paulista.

Estes resultados além de evidenciarem a importância dos programas de controle de emissões veiculares, notadamente o PROMOT e o PROCONVE, também demonstram a necessidade de implantação de políticas incentivando o uso de tecnologias mais limpas no setor de transportes rodoviários. Além disto, havendo uma renovação da frota, de forma a tirar de circulação os veículos com tecnologias mais antigas e, portanto mais poluentes, serão necessárias também políticas de resíduos sólidos definindo a destinação correta destes veículos e sua reciclagem.

Embora não tenha sido possível estabelecer uma relação direta entre as emissões veiculares e a saúde da população, via análise do número de internações hospitalares por problemas respiratórios, a base de dados gerada poderá ser usada, em pesquisas futuras, para a verificação dessa possível relação.

A despeito da importância dos resultados obtidos na presente pesquisa é importante ressaltar que a frota de veículos tem grande mobilidade e assim, os efeitos não se restringem a um dado município, mas sim a todas as regiões por onde a frota circula. No caso, principalmente, de caminhões e ônibus rodoviários a mobilidade é muito grande, sendo que raramente tais veículos circulam somente nas regiões onde foram emplacados. Ademais, há veículos, principalmente de empresas com grandes frotas, como as de locação de veículos, que são emplacados em estados que cobram uma alíquota menor de IPVA e não necessariamente circulam nesses estados.

A despeito das limitações da metodologia adotada na presente pesquisa vale enfatizar que as estimações do tipo *bottom-up*, como a utilizada, são mais completas do que as que consideram, na mensuração das emissões veiculares de gases poluentes, apenas o consumo aparente de combustível observado, ou seja, estimações segundo a abordagem *top down*. Assim, ainda que ajustes possam ser necessários para descrever melhor a realidade de cada município, as estimativas geradas neste trabalho sinalizam a direção a ser seguida por pesquisas posteriores. Mesmo apresentando limitações, a metodologia adotada na presente pesquisa, ao estimar as emissões municipais de gases poluentes por veículos automotores rodoviários, expande a análise feita pela CETESB que se restringe somente ao total do estado de São Paulo e a algumas regiões metropolitanas.

Uma possibilidade para evitar as limitações supracitadas é trabalhar com dados que mensurem a circulação de veículos em determinadas vias, o que, no entanto, reduz muito a amostra e limita a análise somente para algumas cidades já que poucas são as vias que

possuem tal monitoramento e registro. Na cidade de São Paulo a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), instituição subordinada à secretaria municipal de mobilidade e transportes, realiza desde 1977 o monitoramento das principais vias da cidade. Em 2015, 29 rotas foram monitoradas, totalizando 230 km lineares de vias e tornando possível a identificação volumétrica do tráfego, dos tipos de veículos que mais circulam em cada uma das rotas e do tempo de percurso com retardamento¹⁹ (CET, 2016).

Outra possibilidade de pesquisas futuras é utilizar o ferramental econométrico, e em particular a econometria espacial, para tentar captar, por exemplo, os efeitos da frota de veículos de cidades grandes nas cidades vizinhas. O cruzamento dos dados destes mapas com os de agricultura, pecuária e de atividade industrial também poderiam levar a identificar outras correlações com doenças respiratórias.

Por fim, ainda que esta pesquisa tenha abordado, mesmo que em segundo plano, especificamente o possível impacto das emissões de gases poluentes sobre o ser humano, é importante sempre considerar que os efeitos não se restringem a este. Os efeitos podem recair sobre o ecossistema como um todo, via interferência direta sobre a vegetação, fauna, qualidade da água e do solo, e, também contribuir para as alterações climáticas e a perda de patrimônio cultural devido aos danos provocados, por exemplo, em edifícios e obras de arte.

¹⁹ O retardamento do percurso pode ser devido a motivos como congestionamentos, semáforo, e outros diversos, tais como colisão na pista e obra na pista.

REFERÊNCIAS

ABRACICLO. Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e similares. **Anuário da Indústria Brasileira de Duas Rodas 2015**. São Paulo, 2015.

ABRAMOVAY, R. **Muito além da economia verde**. São Paulo: Abril, 2012.

ABRAMOVAY, R. Trunfos e custos da descarbonização da matriz energética com base no etanol. In: NETTO, A.D. (Coord). **O estado da arte em economia: o Brasil e a ciência econômica em debate**. São Paulo: Saraiva, 2011, v. 2, p. 163-183.

ABVE. Associação Brasileira de Veículos Elétricos. **Prefeitura de SP vai dar desconto no IPVA de carros elétricos e híbridos**. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/noticias/prefeitura-de-sp-vai-dar-desconto-no-ipva-de-carros-eletricos-e-hibridos>>. Acesso em: 21 Set. 2015.

ALMEIDA, F.. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002. 101p.

ALMEIDA, L. T.. Economia verde: a reiteração de ideias à espera de ações. **Estudos Avançados**: São Paulo, v.26, n. 74; p. 93-103, 2012.

ALVARENGA, G. V.; ALVES, P. F.; SANTOS, C. F.; NEGRI, F.; CAVALCANTI, L. R.; PASSOS, M. C.. **Políticas anticíclicas na indústria automobilística: uma análise de cointegração dos impactos da redução do IPI sobre as vendas de veículos**. Texto para discussão nº 1512. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Rio de Janeiro, out. 2010.

ANDRADE, E. C. Externalidades. In: BIDERMAN, C.; ARVATE, P. (org.). **Economia do Setor Público no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. São Paulo, 2015.

ANTP. Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana (SIMOB)**: Relatório Geral 2012. Jul. 2014, 94 p. Disponível em: <http://antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2014/08/01/CB06D67E-03DD-400E-8B86-D64D78AFC553.pdf>. Acesso em: 30 Mar. 2015.

ARAÚJO, M. R.; NAVEIRO, R. M Desenvolvimento de novos materiais e novos produtos na indústria automobilística. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1999_A0164.PDF>. Acesso em: 28 set. 2015.

AUTO ESPORTE. **Glossário de carros e motos**. Globo Notícias: São Paulo, 19 Nov. 2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/carros/noticia/2012/08/glossario-de-carros-e-motos.html>>. Acesso em: 23 Mai. 2017.

BARASSA, E.. **Trajectoria tecnológica do veículo elétrico: atores, políticas e esforços tecnológicos no Brasil**. 2015. 131p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Universidade Estadual de Campinas. 2015.

BORÁ (Prefeitura Municipal). Disponível em:

<<http://www.bora.sp.gov.br/portal/cidade/12/Dados-Estat%C3%ADsticos>>. Acesso em: 12 Abr. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Seção 1, p. 2548-2549.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 03, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 ago. 1990. Seção 1, p. 15937-15939.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 29, de 26 de fevereiro de 2002. Estabelece os limites para emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 mar. 2002. Seção 1, p. 86-88.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 nov. 2009. Nº 226, p. 81-84.

BRASIL. Lei nº 8.723 de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissões de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18723.htm>. Acesso em: 19 Mar. 2015.

BRASIL. Lei nº 13.033 de 24 de setembro de 2014. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis nº 9.478 de 6 de agosto de 1997 e 8.723 de 28 de outubro de 1993; revoga dispositivos da Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências. **Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo**, Brasília, DF, v.151, n.185, 25 set. 2014. Seção 1, p.3. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13033.htm>. Acesso em: 20 Dez. 2015.

BRASIL, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. MCT, Brasília, DF, Brasil, v.3, 2016. 336p.

BRASIL, MMA (Ministério do Meio Ambiente). **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**: Relatório final. Brasília: MMA, Jan. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_publicacao/163_publicacao270720110552>

00.pdf >. Acesso em: 05 Mar. 2016.

BRASIL, MMA (Ministério do Meio Ambiente). **2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013 – Ano-base 2012**: Relatório final. MMA, Brasília, DF, Brasil, jan. de 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviarios_2013.pdf>. Acesso: 06 Mar. 2016.

BRASIL, MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Poluentes atmosféricos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosfericos>>. Acesso em: 06 Mar. 2015(a).

BRASIL, MMA (Ministério do Meio Ambiente). **PROMOT – Programa de controle da poluição do ar por motocicletas e veículos similares**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/promot_163.pdf>. Acesso em: 28 Mar. 2015(b).

BRASIL, MMA (Ministério do Meio Ambiente). **PROCONVE – Programa de controle de poluição do ar por veículos automotores**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf>. Acesso em: 28 Mar. 2015 (c).

CÁNEPA, E. M. Economia da poluição. *In*: MAY, P.H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente**: teoria e prática. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 79-98.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Gaia, 2010. 327p.

CASTRO, N. Mensuração de externalidades do transporte de carga brasileiro. **Journal of Transport Literature**, v.7, nº1, p. 163-181, Jan. 2013.

CASTRO, B.H.R.; BARROS, D.C.; VEIGA, S.G. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. **BNDES Setorial**, n. 37, p. 443-496. Rio de Janeiro: BNDES, mar. 2013.

CARVALHO, C. H. R. de. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil**. Texto para discussão nº 2198. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, mai. de 2016.

CARVALHO, C. H. R. de. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Texto para discussão nº 1606. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, abr. de 2011.

CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M.. **Gastos das famílias brasileiras com transporte urbano público e privado no Brasil**: uma análise da POF 2003 e 2009. Texto para discussão nº 1803. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, dez. de 2012.

CARVALHO, P.G.M.; BARCELLOS, F. C. Mensurando a sustentabilidade. *In*: MAY, P.H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente**: teoria e prática. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 99-132.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: < <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

CET. Companhia de Engenharia de Tráfego. **Mobilidade no sistema viário principal**. Volume e velocidade – 2015. São Paulo: CET, set. 2016, 250p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/499255/2015.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Curvas de intensidade de uso por tipo de veículo automotor da frota da cidade de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2013, 67p. Disponível em: < <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/curvas-intensidade-uso-veiculos-automotores-cidade-Sao-paulo.pdf> >. Acesso em: 15 Set. 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2013**. São Paulo: CETESB, 2014 (a), 150 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/ar/emissoes/relatorio-emissoes-veiculares-2013.pdf>>. Acesso em: 10 Dez. 2014.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2014**. São Paulo: CETESB, 2015, 145 p. Disponível em: < http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/Relat%C3%B3rio-emiss%C3%B5es-veiculares-2014_VERS%C3%83O-DIGITAL_01.09.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Emissões veiculares no Estado de São Paulo 2015**. São Paulo: CETESB, 2016 (a), 214 p. Disponível em: < <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/35/2013/12/Relatorio-Emissoes-Veiculares-2015-subst-011116.pdf>>. Acesso em: 10 Out. 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **PCPV: Plano de Controle de Poluição Veicular 2011-2013**. São Paulo: CETESB, 2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/documentos/Plano_de_Controlde_Poluicao_Veicular_do_Estado_de_Sao_Paulo_2011-2013.pdf>. Acesso em: 25 Mar. 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **PCPV: Plano de Controle de Poluição Veicular 2014-2016**. São Paulo: CETESB, Jun. 2014 (b), 59 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/dd/pcpv-2014.pdf>>. Acesso em: 25 Mar. 2015.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2015**. São Paulo: CETESB, 2016 (b), 167 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/RQAR-2015.pdf>>. Acesso em: 10 Mai. 2017.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2016**. São Paulo: CETESB, 2017, 202 p. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/relatorio-ar-2016.pdf>>. Acesso em: 10 Set. 2017.

CHAGAS, A.L.S.; AZZONI, C.R.; ALMEIDA, A.N.. A spatial difference-in-differences analysis of the impact of sugarcane produciton on respiratory diseases. **Regional Science and Urban Economics**, v. 59, p.24-36, 2016.

CINTRA, M. A crise do trânsito em São Paulo e seus custos. Espaços Urbanos. **FGV Executivo**. São Paulo, v.12, nº2, Jul/Dez. 2013.

COSTA, M. T. Prefeitura planeja frota de 150 ônibus elétricos. **Correio Popular**: Campinas, 18 Mar. 2017 Disponível em:

<http://correio.rac.com.br/_conteudo/2017/03/campinas_e_rmc/472938-prefeitura-planeja-frota-de-150-onibus-eletricos.html>. Acesso em: 20 Jun. 2017.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Oficina Nacional**: transporte e mudança climática. Brasília, 2009.

DESIDÉRIO, M.. Quanto 5 cidades gastam com o passe livre de ônibus. **Revista Exame**, 13 Set. 2016. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/brasil/quanto-gastam-as-cidades-com-transporte-tarifa-zero-no-brasil/>>. Acesso em: 20 Set. 2017.

EMPLASA. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. **Macrometrópole Paulista**. São Paulo: EMLASA, Abr. 2012. Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/MMP> >. Acesso em: 09 Mar. 2016.

ENRÍQUEZ, M.A. Economia dos recursos naturais. In: MAY, P.H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente**: teoria e prática. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 49-78.

ESPÍRITO SANTO. Decreto nº 3463-R de 16/12/2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatadas. Diário Oficial do Estado: Espírito Santo, 17 dez. 2013. Disponível em: <<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=262999> > Acesso em: 15 Set. 2017.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Air quality in Europe – 2017 report. Copenhagen: EEA, 2017. 78p. Disponível em : <<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>>. Acesso em: 22 Out. 2017.

FARE FREE PUBLIC TRANSPORT. Disponível em: <<https://freepublictransport.info/city/>>. Acesso em: 18 Set. 2017.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: EDUSP, 1980.

FENABRAVE. Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. **Anuário do Setor de Distribuição de Veículos Automotores no Brasil/20016**. São Paulo, mar. 2017 (a).

FENABRAVE. Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores. **Informativo - Emplacamentos**. São Paulo, ed. 172, mai. 2017 (b).

FIELD, B. C.; FIELD, M. K. **Introdução à economia do meio ambiente**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

FOLHA DE SÃO PAULO. Gestão Alckmin lança projeto de trem que interliga cidades do Estado. São Paulo: **Folha de São Paulo**, 28 mar. 2017. Caderno Cotidiano. Disponível em: <

<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/03/1870593-gestao-alckmin-lanca-projeto-de-trem-que-interliga-cidades-do-estado.shtml>>. Acesso em 15 mai. 2017.

GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F.; COELHO, S. **Bioenergia no estado de São Paulo**: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: IMESP, 2008. Disponível em: <http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/livro_bioenergia.pdf>. Acesso em: 25 Out. 2016.

HADDAD, E. A.; VIEIRA, R. S. **Mobilidade, acessibilidade e produtividade**: nota sobre a valoração econômica do tempo de viagem na região metropolitana de São Paulo. Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo. São Paulo: NEREUS, Ago. 2015.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L.H. **Capitalismo natural**: criando a próxima revolução industrial. São Paulo: Cultrix, 2007.

HOTELLING, H. The Economics of Exhaustible Resources. **Journal of Political Economy**. Chicago, 1931, v.39, nº 1, p.137-175.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **PBE Veicular chega ao oitavo ciclo com adesão de todas as montadoras**. Rio de Janeiro: INMETRO, abr. de 2016 (a). Disponível em: <<http://inmetro.gov.br/imprensa/releases/pbe-veicular-adesao-montadoras.pdf>>. Acesso em: 3 Mai. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Tabela de Consumo/Eficiência Energética**. Rio de Janeiro: INMETRO, dez. de 2016 (b). Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2016.pdf>. Acesso em: 3 Mai. 2017.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde**. Set. 2013. Disponível em: <http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wpcontent/uploads/2013/09/Documentofinaldaapesquisapadr o_2409-FINAL-sitev1.pdf>. Acesso em: 02 Abr. 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Global EV Outlook 2016**: beyond one million electric cars. OECD/IEA: França, 2016. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2017.

JORDÃO, C.; SALVO, M. P. Pedágio urbano: em cada metrópole, de um jeito. **Revista Veja São Paulo**, 01 Jun. 2017. Disponível em: <<https://vejasp.abril.com.br/cidades/pedagio-urbano-em-cada-metropole-de-um-jeito/>>. Acesso em: 10 Out. 2017.

JORDÃO, C.; SALVO, M. P. Pedágio urbano: o exemplo de Londres. **Revista Veja São Paulo**, 05 Dez. 2016. Disponível em: <<https://vejasp.abril.com.br/cidades/pedagio-urbano-exemplo-de-londres/>>. Acesso em: 10 Out. 2017.

KIPERSTOK, A. Tendências ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidades de negócio. **Revista Nexos** (UFBA), Salvador: set., 2000. Disponível em: <

http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art04.pdf>. Acesso em: 03 Ago. 2014.

KNIGHT, V. M.; YOUNG, C. E. F. **Custo da poluição gerada pelos ônibus urbanos na RMSP**. In: ANPEC, 34, 2006, Salvador. Disponível em: < <http://www.anpec.org.br/encontro2006/artigos/A06A069.pdf> >. Acesso em: 22 Mai. 2015.

LVOVSKY, K.; HUGHES, G.; MADDISON, D.; OSTRO, B.; PEARCE, D. **Environmental Costs of Fossil Fuels**. Paper nº 78 da Pollution Management Series. Banco Mundial, Out. 2000. Disponível em: <http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2002/09/07/00094946_02081904011759/Rendered/PDF/multi0page.pdf >. Acesso em: 20 Mai. 2015.

MARUM, D. **Vai comprar uma picape? Veja 10 dicas para não jogar dinheiro fora**. Globo Notícias, 18 Fev. 2014. Disponível em: < <http://g1.globo.com/carros/oficina-do-g1/noticia/2014/02/vai-comprar-uma-picape-veja-10-dicas-para-nao-jogar-dinheiro-fora.html> >. Acesso em: 24 Mai. 2017.

MEDINA, H. V. de. **Eco-concepção para a qualidade da reciclagem do aço e do alumínio automotivos**. CETEM/ MCT. Rio de Janeiro, 2007. (Série Inovação e Qualidade). Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_siq/siq-01_semlogo.pdf>. Acesso em: 30 Fev. 2015.

MEDINA, H. V. de. **Inovação em materiais na indústria automobilística**. CETEM/MCT. Rio de Janeiro, 2001. (Série Estudo & Documentos). Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sed/sed-48.pdf>. Acesso em: 13 Fev. 2015.

MEDINA, H. V. de.; GOMES, D. E. B. **Reciclagem de automóveis: estratégias, práticas e perspectivas**. CETEM. Rio de Janeiro, 2003. (Série Tecnologia Ambiental). Disponível em: < http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_sta/sta-27.pdf >. Acesso em: 20 Fev. 2015.

MIGLIACCI, P. Volvo anuncia que todos os seus carros terão motor elétrico a partir de 2019. **Jornal O Estado de São Paulo**: São Paulo, 05 Jul. 2017. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/07/1898721-volvo-anuncia-que-todos-os-seus-carros-terao-motor-eletrico-a-partir-de-2019.shtml>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

MOTTA, R. S.; MENDES, A. P. F. Custos de saúde associados à poluição do ar no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. Rio de Janeiro, Abr. 1995, v. 25, nº1, p.165-198.

NTU. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Desoneração dos custos das tarifas do transporte público urbano e de característica urbana**. Brasília: NTU, 2009. Disponível em: < <http://tarifazero.org/wp-content/uploads/2010/08/DesoneracaoCustosTarifasAbr2009.pdf> >. Acesso em: 15 mai. 2017.

OSTRO, B. **Estimating the health effects of air pollutants: a method with an application to Jakarta**. Policy Research Working Paper 1301. Policy Research Department, World Bank, Washington, D.C., Mai. 1994. Disponível em: <http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/1994/05/01/00009265_3970716141007/Rendered/PDF/multi0page.pdf>. Acesso em 22 Mai. 2015.

PAULÍNIA (Prefeitura municipal). **Vereadores votam contra projeto de Tarifa Zero em Paulínia**. Disponível em: <<http://www.paulinia.sp.gov.br/noticias?ID=1646>>. Acesso em: 03 Out. 2017.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza** – Síntese para Tomadores de Decisão, 2011. 52p. Disponível em: <https://www.unep.org/greeneconomy/sites/unep.org.greeneconomy/files/publications/ger/GER_synthesis_pt.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2015.

QUATRO RODAS. Anfavea propõe imposto único de circulação de veículos. Abril: **Revista Quatro Rodas**, 9 Nov. 2016. Disponível em: <<https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/anfavea-propoe-imposto-unico-de-circulacao-de-veiculos/>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

SANTOS, G.A.G; SANTOS, B.G.; MEDEIROS, R.L.; D'ARAÚJO, R.P. O carro elétrico, a revolução geopolítica e econômica do século XXI e o desenvolvimento do Brasil. Rio de Janeiro: **Revista Oikos**, 2009. v. 8, nº 2, p. 329-353. Disponível em: <<http://www.revistaoikos.org/seer/index.php/oikos/article/viewFile/182/115>>. Acesso em: 20 set. 2013.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113 de 23/04/2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Assembleia legislativa do estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>>. Acesso em: 15 Set. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). **Informações dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/>>. Acesso em 11 Abr. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia. **Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo – 2015 ano base 2014**. Série Informações Energéticas. São Paulo: 2015, 124p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente. Programa Município Verde Azul. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/>>. Acesso em: 25 Out. 2017. SÃO PAULO (Prefeitura). Plano de Mobilidade de São Paulo. São Paulo: 2015, 201p. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/planmobsp_v072__1455546429.pdf>. Acesso em: 20 Jan. 2017.

SOUZA, K. R. **Desafios ambientais na indústria automobilística**: uma análise do processo de reciclagem e reutilização de materiais. 2010. 86p. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Araraquara, 2010.

SOUZA, K. R. Estrutura de mercado e as inovações na indústria automobilística: os automóveis híbridos e elétricos. **Revista Iniciativa Econômica**. Araraquara, 2015, v. 2, nº 1, p.1-20.

SOUZA, K. R.; MIRANDA, S. H. G. **Emissões de gases poluentes por veículos automotores rodoviários no Estado de São Paulo**: breve análise. In: 53º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural realizado na

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 2015. Disponível em:
<<http://icongresso.itarget.com.br/tra/arquivos/ser.5/1/5265.pdf>>. Acesso em: 28 Ago. 2015

TOLEDO, G. I. F. M.; NARDOCCI, A. C. Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 2011; v. 14, nº 3, p.445- 454.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia ambiental**: fundamentos, políticas e aplicações. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

UNEP. United Nations Environment Programme. **Our Planet**: healthy planet, healthy people. UNEP, Nairobi, Kenya, May 2015. Disponível em:
<http://apps.unep.org/publications/pmtdocuments/-Our_Planet_Healthy_planet,_healthy_people-2015Our_Planet_May_2015_fa.pdf.pdf>. Acesso em: 07 Jul. 2015.

VIEIRA, G. Transporte gratuito é realidade em cidades brasileiras. Jornal O Estado de São Paulo: São Paulo, 14 Jun. 2013. Disponível em:
<<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,transporte-gratuito-e-realidade-em-cidades-brasileiras,1042366>>. Acesso em: 15 Out. 2017.

VORMITTAG, E. M. P. A; SALDIVA, P. H. N. Qualidade do ar no estado de São Paulo 2105 sob a visão da saúde. **Instituto Saúde e Sustentabilidade**. São Paulo, 2017. 151p. Disponível em: <http://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/08/Cetesb_Saude_FINAL_4_WEB.pdf>. Acesso em: 10 Out. 2017.

WILBERT, M. D.; SERRANO, A. L. M.; GONÇALVES, R. S.; ALVES, L.S.. Redução do imposto sobre produtos industrializados e seu efeito sobre a venda de automóveis no Brasil: uma análise do período de 2006 a 2013. **Revista Contemporânea de Contabilidade**. Florianópolis, set./dez. 2014, v.11, n.24, p. 107-124.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Reducing global health risks through mitigation of short-lived climate pollutants**: scoping report for policy-makers. WHO: Suíça, 2015. Disponível em:
<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189524/1/9789241565080_eng.pdf?ua=1>. Acesso em: 07 de jun. 2016.

ANEXOS

ANEXO A – Municípios que compõem a região metropolitana de São Paulo (RMSP)

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO B – Municípios que compõem a região metropolitana de Campinas (RMC)

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO C – Municípios que compõem a região metropolitana Baixada Santista (RMBS)

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO D – Municípios que compõem a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVP)

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO E – Municípios que compõem a região metropolitana de Sorocaba (RMSO)

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO F – Municípios que compõem a região metropolitana de Ribeirão Preto (RMRP)

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO G – Fatores de emissão e autonomia de veículos leves

(continua)

Ano	Combustível (1)	Fase Proconv e	CO (g/km)	HC			NOx (g/km)	RCHO (g/km)	MP (g/km)	CO ₂ (g/km)	N ₂ O (g/km) (3)	Autonomia (km/L) (4)
				Total (g/km)	NMHC (g/km)	CH ₄ (2) (g/km)						
Até 1982	Gasolina C	PP	33,000	3,000	2,550	0,450	1,400	0,0500	0,002	nd	0,005	8,90
	Etanol		18,000	1,600	1,360	0,240	1,000	0,1600	nd	nd	0,007	7,10
1983	Gasolina C	PP	33,000	3,000	2,550	0,450	1,400	0,0500	0,002	nd	0,005	9,65
	Etanol		18,000	1,600	1,360	0,240	1,000	0,1600	nd	nd	0,007	7,90
1984	Gasolina C	PP	28,000	2,400	2,040	0,360	1,600	0,0500	0,002	nd	0,004	10,19
	Etanol		16,900	1,600	1,360	0,240	1,200	0,1800	nd	nd	0,006	8,25
1985	Gasolina C	PP	28,000	2,400	2,040	0,360	1,600	0,0500	0,002	nd	0,004	10,39
	Etanol		16,900	1,600	1,360	0,240	1,200	0,1800	nd	nd	0,006	8,54
1986	Gasolina C	PP	22,000	2,000	1,700	0,300	1,900	0,0400	0,002	nd	0,004	10,42
	Etanol		16,000	1,600	1,360	0,240	1,800	0,1100	nd	nd	0,006	8,46
1987	Gasolina C	PP	22,000	2,000	1,700	0,300	1,900	0,0400	0,002	nd	0,004	10,64
	Etanol		16,000	1,600	1,360	0,240	1,800	0,1100	nd	nd	0,006	8,52
1988	Gasolina C	L1	18,500	1,700	1,445	0,255	1,800	0,0400	0,002	nd	0,004	10,86
	Etanol		13,300	1,700	1,445	0,255	1,400	0,1100	nd	nd	0,006	8,58
1989	Gasolina C	L1	15,200	1,600	1,360	0,240	1,600	0,0400	0,002	nd	0,004	11,07
	Etanol		12,800	1,600	1,360	0,240	1,100	0,1100	Nd	nd	0,006	8,65
1990	Gasolina C	L1	13,300	1,400	1,190	0,210	1,400	0,0400	0,002	nd	0,004	11,82
	Etanol		10,800	1,300	1,105	0,195	1,200	0,1100	Nd	nd	0,006	8,65
1991	Gasolina C	L1	11,500	1,300	1,105	0,195	1,300	0,0400	0,002	nd	0,004	11,82
	Etanol		8,400	1,100	0,935	0,165	1,000	0,1100	Nd	nd	0,006	8,65
1992	Gasolina C	L2	6,200	0,600	0,510	0,090	0,600	0,0130	0,002	nd	0,004	10,98
	Etanol		3,600	0,600	0,510	0,090	0,500	0,0350	Nd	nd	0,006	8,01
1993	Gasolina C	L2	6,300	0,600	0,510	0,090	0,800	0,0220	0,002	nd	0,004	10,98
	Etanol		4,200	0,700	0,595	0,105	0,600	0,0400	Nd	nd	0,006	8,54
1994	Gasolina C	L2	6,000	0,600	0,451	0,149	0,700	0,0360	0,002	nd	0,022	10,04
	Etanol		4,600	0,700	0,514	0,186	0,700	0,0420	Nd	nd	0,017	7,54
1995	Gasolina C	L2	4,700	0,600	0,451	0,149	0,600	0,0250	0,002	nd	0,022	10,40
	Etanol		4,600	0,700	0,514	0,186	0,700	0,0420	Nd	nd	0,017	7,54
1996	Gasolina C	L2	3,800	0,400	0,300	0,100	0,500	0,0190	0,002	nd	0,022	11,04
	Etanol		3,900	0,600	0,440	0,160	0,700	0,0400	Nd	nd	0,017	7,17
1997	Gasolina C	L3	1,200	0,200	0,150	0,050	0,300	0,0070	0,001	nd	0,022	11,04
	Etanol		0,900	0,300	0,220	0,080	0,300	0,0120	Nd	nd	0,017	7,17
1998	Gasolina C	L3	0,790	0,140	0,105	0,035	0,230	0,0040	0,001	nd	0,022	11,82
	Etanol		0,670	0,190	0,139	0,051	0,240	0,0140	Nd	nd	0,017	7,41
1999	Gasolina C	L3	0,740	0,140	0,105	0,035	0,230	0,0040	0,001	nd	0,022	11,82
	Etanol		0,600	0,170	0,125	0,045	0,220	0,0130	Nd	nd	0,017	8,01
2000	Gasolina C	L3	0,730	0,130	0,098	0,032	0,210	0,0040	0,001	nd	0,022	11,89
	Etanol		0,630	0,180	0,132	0,048	0,210	0,0140	Nd	nd	0,017	6,96
2001	Gasolina C	L3	0,480	0,110	0,083	0,027	0,140	0,0040	0,001	nd	0,022	11,97
	Etanol		0,660	0,150	0,110	0,040	0,080	0,0170	Nd	nd	0,017	6,96

(continuação)

2002	Gasolina C	L3	0,430	0,110	0,083	0,027	0,120	0,0040	0,001	198	0,022	10,9
	Etanol		0,740	0,160	0,117	0,043	0,080	0,0170	nd	191	0,017	7,2
2003	Gasolina C	L3	0,400	0,110	0,083	0,027	0,120	0,0040	0,001	194	0,021	11,2
	Etanol		0,770	0,160	0,117	0,043	0,090	0,0190	nd	183	0,017	7,5
	Flex-Gasol.C	L3	0,500	0,050	0,038	0,012	0,040	0,0040	0,001	210	0,023	10,3
	Flex-Etanol		0,510	0,150	0,110	0,040	0,140	0,0200	nd	200	0,017	6,9
2004	Gasolina C	L3	0,350	0,110	0,083	0,027	0,090	0,0040	0,001	190	0,021	11,4
	Etanol		0,820	0,170	0,125	0,045	0,080	0,0160	nd	160	0,017	8,6
	Flex-Gasol.C	L3	0,390	0,080	0,060	0,020	0,050	0,0030	0,001	201	0,022	10,8
	Flex-Etanol		0,460	0,140	0,103	0,037	0,140	0,0140	nd	190	0,017	7,3
2005	Gasolina C	L4	0,340	0,100	0,075	0,025	0,090	0,0040	0,001	192	0,021	11,3
	Etanol		0,820	0,170	0,125	0,045	0,080	0,0160	nd	160	0,017	8,6
	Flex-Gasol.C		0,450	0,110	0,083	0,027	0,050	0,0030	0,001	188	0,021	11,5
	Flex-Etanol		0,390	0,140	0,103	0,037	0,100	0,0140	nd	180	0,017	7,7
2006	Gasolina C	L4	0,302	0,068	0,063	0,005	0,066	0,0023	0,001	174	0,021	11,3
	Etanol		0,670	0,120	0,088	0,032	0,050	0,0140	nd	200	0,017	6,9
	Flex-Gasol.C		0,509	0,114	0,073	0,041	0,043	0,0020	0,001	203	0,020	11,7
	Flex-Etanol		0,492	0,126	0,087	0,039	0,061	0,0212	nd	195	0,017	7,8
2007 (5)	Gasolina C	L4	0,302	0,068	0,063	0,005	0,066	0,0023	0,001	174	0,021	11,3
	Flex-Gasol.C		0,509	0,114	0,073	0,041	0,043	0,0020	0,001	203	0,020	11,7
	Flex-Etanol		0,492	0,126	0,087	0,039	0,061	0,0212	nd	195	0,017	7,8
2008	Gasolina C	L4	0,369	0,057	0,053	0,004	0,045	0,0021	0,001	201	0,024	9,6
	Flex-Gasol.C		0,519	0,095	0,080	0,015	0,039	0,0023	0,001	181	0,021	11,4
	Flex-Etanol		0,558	0,115	0,080	0,035	0,049	0,0136	nd	175	0,017	7,7
2009	Gasolina C	L5	0,199	0,028	0,020	0,008	0,021	0,0010	0,001	222	0,024	9,9
	Flex-Gasol.C		0,317	0,037	0,034	0,003	0,027	0,0019	0,001	178	0,021	11,5
	Flex-Etanol		0,544	0,076	0,037	0,039	0,031	0,0114	nd	171	0,017	7,8
2010	Gasolina C	L5	0,204	0,032	0,023	0,009	0,028	0,0015	0,001	207	0,023	10,8
	Flex-Gasol.C		0,279	0,042	0,031	0,011	0,030	0,0015	0,001	177	0,019	11,9
	Flex-Etanol		0,508	0,093	0,040	0,053	0,038	0,0093	nd	171	0,017	8,2
2011	Gasolina C	L5	0,275	0,036	0,028	0,008	0,025	0,0028	0,001	198	0,021	11,1
	Flex-Gasol.C		0,282	0,041	0,032	0,009	0,029	0,0015	0,001	178	0,019	12,2
	Flex-Etanol		0,488	0,091	0,044	0,047	0,031	0,0085	nd	170	0,017	8,6
2012	Gasolina C	L5	0,273	0,029	0,023	0,006	0,024	0,0021	0,001	199	0,021	11,1
	Flex-Gasol.C		0,267	0,036	0,026	0,010	0,027	0,0014	0,001	180	0,019	12,1
	Flex-Etanol		0,474	0,090	0,053	0,037	0,029	0,0082	nd	173	0,017	8,5
2013	Gasolina C	L5	0,237	0,025	0,019	0,006	0,016	0,0016	0,001	220	0,022	10,2
	Flex-Gasol.C		0,227	0,030	0,024	0,006	0,026	0,0013	0,001	176	0,019	12,5
	Flex-Etanol		0,424	0,083	0,051	0,032	0,023	0,0083	nd	169	0,017	8,6

(conclusão)

2014	Gasolina C	L5/L6	0,216	0,021	0,016	0,006	0,015	0,0013	0,001	205	0,021	11,1
	<i>Flex-Gasol.C</i>		0,229	0,024	0,021	0,004	0,020	0,0016	0,001	173	0,019	12,6
	<i>Flex-Etanol</i>		0,382	0,073	0,053	0,020	0,018	0,0076	nd	165	0,017	9,2
2015	Gasolina	L6	0,171	0,017	0,012	0,005	0,022	0,0015	0,001	187	0,020	11,7
	<i>Flex-Gasolina</i>		0,221	0,021	0,017	0,004	0,015	0,0013	0,001	167	0,018	13,2
	<i>Flex-Etanol</i>		0,357	0,080	0,055	0,025	0,016	0,0076	nd	157	0,017	9,3

NOTAS:

A partir de 2006 valores obtidos dos Relatórios de Valores de Emissão da Produção (RVEP) e ponderados pelos Relatórios de Vendas anuais

2006 a 2013 - valores modificados com relação às publicações em anos anteriores.

nd - não disponível.

(1) Gasolina C : 78% + 22% Etanol anidro (v/v).

(2) Ver metodologia apresentada no item 2.6 deste relatório.

(3) Dados não são obtidos em ensaios de emissão, mas calculados conforme metodologia.

(4) De 2002 a 2010 valores calculados a partir dos fatores de emissão médios de CO₂, CO e HC. A partir de 2011 valores obtidos a partir dos Relatórios de Valores de Emissão da Produção (RVEP) e ponderados pelos Relatórios de Vendas anuais.

(5) Repetidos os valores de 2006.

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO H – Fatores de emissão e autonomia de comerciais leves novos

(continua)

Ano	Combustível (1)	Fase Proconve	CO (g/km)	HC			NOx (g/km)	RCHO (g/km)	MP (g/km)	CO ₂ (g/km)	N ₂ O (g/km) (3)	Autonomia (km/L) (4)
				Total (g/km)	NMHC (g/km)	CH ₄ (g/km) (2)						
Até 1983	Gasolina C	PP	33,00	3,00	2,55	0,45	1,40	0,0500	0,0024	221	0,005	7,7
	Etanol		18,00	1,60	1,36	0,24	0,83	0,1600	nd	168	0,007	7,1
1984	Gasolina C	PP	33,00	3,00	2,55	0,45	1,40	0,0500	0,0024	221	0,005	7,7
	Etanol		16,90	1,60	1,36	0,24	0,83	0,1800	nd	170	0,007	7,1
1985	Gasolina C	PP	28,00	2,40	2,04	0,36	1,60	0,0500	0,0024	231	0,004	7,7
	Etanol		16,90	1,60	1,36	0,24	0,83	0,1800	nd	170	0,007	7,1
1986	Gasolina C	PP	28,00	2,40	2,04	0,36	1,60	0,0500	0,0024	231	0,004	7,7
	Etanol		16,00	1,60	1,36	0,24	0,83	0,1100		171	0,007	7,1
1987	Gasolina C	PP	22,00	2,00	1,70	0,30	1,90	0,0400	0,0024	241	0,004	7,7
	Etanol		16,00	1,60	1,36	0,24	0,83	0,1100	nd	171	0,006	7,1
1988	Gasolina C	PP	22,00	2,00	1,70	0,30	1,90	0,0400	0,0024	241	0,004	7,7
	Etanol		13,30	1,70	1,45	0,26	0,83	0,1100	nd	175	0,006	7,1
1989	Gasolina C	PP	18,50	1,70	1,45	0,26	1,80	0,0400	0,0024	248	0,004	7,7
	Etanol		12,80	1,60	1,36	0,24	0,83	0,1100	nd	176	0,006	7,1
1990	Gasolina C	PP	15,20	1,60	1,36	0,24	1,60	0,0400	0,0024	253	0,004	7,7
	Etanol		10,80	1,30	1,11	0,20	0,83	0,1100	nd	180	0,006	7,1
1991	Gasolina C	PP	13,30	1,40	1,19	0,21	1,40	0,0400	0,0024	257	0,004	7,7
	Etanol		8,40	1,10	0,94	0,17	0,83	0,1100	nd	185	0,006	7,1
1992	Gasolina C	PP	11,50	1,30	1,11	0,20	1,30	0,0400	0,0024	260	0,004	7,7
	Etanol		3,60	0,60	0,51	0,09	0,83	0,0350	nd	194	0,006	7,1
1993	Gasolina C	PP	9,67	0,60	0,51	0,09	0,60	0,0130	0,0024	265	0,004	7,7
	Etanol		4,20	0,70	0,60	0,11	0,83	0,0400	nd	193	0,006	7,1
1994	Gasolina C	PP	9,67	0,60	0,51	0,09	0,80	0,0220	0,0024	265	0,022	7,7
	Etanol		4,60	0,60	0,51	0,09	0,83	0,0420	nd	192	0,006	7,1
1995	Gasolina C	PP	9,67	0,53	0,45	0,08	0,70	0,0360	0,0024	266	0,022	7,7
	Etanol		4,60	0,60	0,51	0,09	0,83	0,0420	nd	192	0,017	7,1
1996	Gasolina C	L1	9,668	1,004	0,754	0,250	0,882	0,0081	0,0024	274	0,022	7,4
	Etanol		2,786	0,620	0,455	0,165	0,828	0,0201	nd	246	0,017	5,8
1997	Gasolina C	L2	6,605	0,727	0,546	0,181	0,584	0,0062	0,0011	276	0,022	7,5
	Etanol		3,281	0,650	0,477	0,173	0,767	0,0207	nd	246	0,017	5,7
1998	Gasolina C	L3	0,643	0,119	0,089	0,030	0,172	0,0034	0,0011	284	0,022	7,6
	Etanol		2,534	0,582	0,427	0,155	0,834	0,0194	nd	263	0,017	5,4
1999	Gasolina C	L3	0,614	0,104	0,078	0,026	0,187	0,0042	0,0011	276	0,022	7,8
	Etanol		2,547	0,587	0,431	0,156	0,828	0,0194	nd	267	0,017	5,3
2000	Gasolina C	L3	0,689	0,096	0,072	0,024	0,208	0,0043	0,0011	278	0,022	7,8
	Etanol		0,630	0,180	0,130	0,050	0,210	0,0140	nd	278	0,017	5,2
2001	Gasolina C	L3	0,956	0,126	0,095	0,031	0,246	0,0035	0,0011	278	0,022	7,8
	Etanol		0,660	0,150	0,110	0,040	0,080	0,0170	nd	278	0,017	5,2
2002	Gasolina C	L3	0,814	0,114	0,086	0,028	0,149	0,0040	0,0011	285	0,022	7,6
	Etanol		0,830	0,220	0,161	0,059	0,282	0,0195	nd	254	0,017	5,7

(continuação)

2003	Gasolina C	L3	0,916	0,111	0,083	0,028	0,143	0,0034	0,0011	284	0,021	7,6
	Etanol		0,770	0,160	0,120	0,040	0,090	0,0190	Nd	249	0,017	5,7
	Flex-Gasolina C		0,500	0,050	0,040	0,010	0,040	0,0040	0,0011	210	0,023	10,3
	Flex-Etanol		0,510	0,150	0,110	0,040	0,140	0,0200	Nd	206	0,017	6,9
2004	Gasolina C	L3	0,926	0,122	0,092	0,030	0,134	0,0032	0,0011	276	0,021	7,8
	Etanol		0,820	0,170	0,120	0,050	0,080	0,0160	Nd	249	0,017	5,7
	Flex-Gasolina C		0,390	0,080	0,060	0,020	0,050	0,0030	0,0011	200	0,021	10,8
	Flex-Etanol		0,460	0,140	0,100	0,040	0,140	0,0140	Nd	195	0,017	7,3
2005	Gasolina C	L4	0,782	0,112	0,109	0,003	0,215	0,0033	0,0011	280	0,021	7,7
	Etanol		0,689	0,204	0,167	0,037	0,295	0,0220	Nd	251	0,017	5,8
	Flex-Gasolina C		0,450	0,110	0,080	0,030	0,050	0,0030	0,0011	188	0,021	11,5
	Flex-Etanol		0,390	0,140	0,100	0,040	0,100	0,0140	Nd	185	0,017	7,7
2006	Gasolina C	L4	0,707	0,085	0,073	0,012	0,238	0,0021	0,0011	280	0,021	7,7
	Etanol		0,670	0,120	0,090	0,030	0,050	0,0140	Nd	251	0,017	5,8
	Flex-Gasolina C		0,501	0,136	0,112	0,024	0,062	0,0020	0,0011	215	0,023	10,1
	Flex-Etanol		0,347	0,120	0,085	0,035	0,128	0,0180	Nd	204	0,017	7,1
	Diesel		0,485	0,093	0,093	nd	0,870	nd	0,0780	277	0,020	9,6
2007 (5)	Gasolina C	L4	0,654	0,110	0,097	0,013	0,070	0,0017	0,0011	280	0,021	7,7
	Flex-Gasolina C		0,537	0,127	0,082	0,045	0,059	0,0024	0,0011	220	0,020	9,8
	Flex-Etanol		0,405	0,125	0,069	0,056	0,094	0,0170	Nd	204	0,017	7,1
	Diesel		0,485	0,093	0,093	nd	0,870	nd	0,0780	277	0,020	9,6
2008	Gasolina C	L4	0,494	0,119	0,062	0,057	0,048	0,0016	0,0011	290	0,024	7,7
	Flex-Gasol.C		0,487	0,128	0,078	0,050	0,056	0,0023	0,0011	252	0,020	8,6
	Flex-Etanol		0,432	0,129	0,073	0,056	0,069	0,0167	Nd	236	0,017	6,1
	Diesel		0,334	0,083	0,083	nd	0,717	nd	0,0630	285	0,020	9,3
2009	Gasolina C	L5	0,282	0,026	0,025	0,001	0,019	0,0038	0,0011	231	0,028	8,3
	Flex-Gasol.C		0,220	0,061	0,037	0,024	0,033	0,0015	0,0011	224	0,028	8,3
	Flex-Etanol		0,448	0,019	0,011	0,008	0,030	0,0110	Nd	208	0,017	7,0
	Diesel		0,285	0,033	0,025	0,008	0,681	nd	0,0600	269	0,020	9,5
2010	Gasolina C	L5	0,298	0,021	0,020	0,001	0,012	0,0017	0,0011	235	0,027	9,5
	Flex-Gasol.C		0,211	0,053	0,024	0,029	0,041	0,0014	0,0011	237	0,024	9,7
	Flex-Etanol		0,520	0,093	0,020	0,073	0,035	0,0113	Nd	228	0,017	6,8
	Diesel		0,210	0,058	0,057	0,001	0,721	nd	0,0680	265	0,020	9,9
2011	Gasolina C	L5	0,299	0,032	0,024	0,008	0,017	0,0018	0,0011	223	0,024	9,9
	Flex-Gasol.C		0,241	0,038	0,026	0,012	0,032	0,0013	0,0011	251	0,026	8,6
	Flex-Etanol		0,666	0,087	0,039	0,048	0,019	0,0087	Nd	242	0,017	6,2
	Diesel		0,153	0,047	0,043	0,004	0,624	nd	0,0520	264	0,020	9,8
2012	Gasolina C	L5	0,286	0,025	0,019	0,006	0,010	0,0019	0,0011	220	0,024	10,0
	Flex-Gasol.C		0,240	0,038	0,029	0,009	0,044	0,0024	0,0011	243	0,026	9,1
	Flex-Etanol		0,732	0,101	0,052	0,049	0,045	0,0103	Nd	238	0,017	6,2
	Diesel		0,050	0,029	0,017	0,012	0,311	nd	0,0180	254	0,020	10,5

(conclusão)

2013	Gasolina C	L5	0,169	0,021	0,017	0,004	0,016	0,0014	0,0010	228	0,025	9,7
	Flex-Gasol.C		0,231	0,037	0,028	0,009	0,043	0,0020	0,0010	243	0,027	9,1
	Flex-Etanol		0,641	0,089	0,051	0,038	0,035	0,0110	Nd	234	0,017	6,4
	Diesel	L6	0,075	0,028	0,014	0,014	0,277	nd	0,0150	256	0,020	10,4
2014	Gasolina C	L5/L6	0,216	0,020	0,017	0,002	0,010	0,0010	0,0010	208	0,022	10,6
	Flex-Gasol.C		0,267	0,032	0,026	0,006	0,029	0,0030	0,0010	251	0,027	8,9
	Flex-Etanol		0,555	0,090	0,068	0,021	0,040	0,0119	nd	241	0,017	6,1
	Diesel	L6	0,080	0,023	0,010	0,013	0,285	nd	0,0145	261	0,020	10,4
2015	Gasolina	L6	0,195	0,017	0,015	0,002	0,010	0,0013	0,0010	210	0,022	10,6
	Flex-Gasolina		0,381	0,021	0,017	0,004	0,021	0,0021	0,0010	225	0,024	9,8
	Flex-Etanol		0,340	0,061	0,042	0,019	0,030	0,0078	nd	220	0,017	6,6
	Diesel		0,051	0,020	0,008	0,012	0,280	nd	0,0180	252	0,020	10,6

NOTAS:

Até 1995: FE baseados em dados de homologação. Os valores de CO₂ foram calculados a partir dos valores de emissão de CO, THC e autonomia, conforme norma NBR 7024:2010. Os valores de autonomia foram arbitrados pela CETESB.

Em 2000 foram utilizados valores dos Relatórios de Ensaio de Emissões ponderados pelos Relatórios de Vendas Anuais.

Em 2001 valores obtidos a partir dos resultados das emissões da homologação dos veículos ponderados pelos Relatórios de Vendas Anuais.

A partir de 2002 os valores foram obtidos a partir dos Relatórios de Valores de Emissão da Produção (RVEP) e ponderados pelos Relatórios de Vendas anuais.

Até 2011 parte dos modelos que utilizam motores do ciclo diesel foram ensaiados como pesados. Os resultados se encontram no anexo N.

nd: não disponível

(1) Gasolina C : 78% + 22% Etanol anidro (v/v).

(2) Ver metodologia apresentada no item 2.5 deste relatório.

(3) Dados não são obtidos em ensaios de emissão, mas calculados conforme metodologia indicada no IPCC.

(4) De 2009 a 2010 valores calculados a partir dos fatores de emissão médios de CO₂, CO e HC. A partir de 2011 valores obtidos a partir dos Relatórios de Valores de Emissão da Produção (RVEP) e ponderados pelos Relatórios de Vendas anuais. Até 1995 valores arbitrados pela CETESB.

(5) Valores corrigido em 11 de outubro de 2016.

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO I - Fatores de emissão e autonomia de veículos pesados com motores do ciclo Diesel

(continua)

Ano	Fase Proconve	Categoria		CO	HC	CH ₄	NO _x	MP	N ₂ O	Autonomia
				(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(km/l)
até 1999	P2/P3/P4	Caminhões	Semileves	0,764	0,279	0,06	4,395	0,271	0,03	9,1
			Leves	1,249	0,457	0,06	7,185	0,443	0,03	5,6
			Médios	1,250	0,457	0,06	7,190	0,444	0,03	3,5
			Semipesados	2,014	0,736	0,06	11,585	0,715	0,03	3,5
			Pesados	2,014	0,736	0,06	11,585	0,715	0,03	3,5
		Ônibus	Urbanos	3,019	1,104	0,06	17,368	1,071	0,03	2,3
			Rodoviários	2,292	0,838	0,06	13,182	0,813	0,03	3,0
2000-2001	P3/P4	Caminhões	Semileves	0,687	0,229	0,06	2,777	0,135	0,03	9,1
			Leves	1,123	0,374	0,06	4,539	0,220	0,03	5,6
			Médios	1,124	0,375	0,06	4,543	0,221	0,03	3,5
			Semipesados	1,810	0,603	0,06	7,319	0,355	0,03	3,5
			Pesados	1,810	0,603	0,06	7,319	0,355	0,03	3,5
		Ônibus	Urbanos	2,714	0,905	0,06	10,973	0,533	0,03	2,3
			Rodoviários	2,060	0,687	0,06	8,329	0,404	0,03	3,0
2002-2003	P4	Caminhões	Semileves	0,374	0,128	0,06	2,711	0,053	0,03	9,1
			Leves	0,612	0,209	0,06	4,432	0,086	0,03	5,6
			Médios	0,612	0,209	0,06	4,435	0,086	0,03	3,5
			Semipesados	0,986	0,336	0,06	7,146	0,139	0,03	3,5
			Pesados	0,986	0,336	0,06	7,146	0,139	0,03	3,5
		Ônibus	Urbanos	1,478	0,504	0,06	10,713	0,209	0,03	2,3
			Rodoviários	1,122	0,383	0,06	8,131	0,158	0,03	3,0
2004-2005	P4/P5	Caminhões	Semileves	0,360	0,100	0,06	2,280	0,042	0,03	9,1
			Leves	0,580	0,160	0,06	3,720	0,069	0,03	5,6
			Médios	0,580	0,160	0,06	3,720	0,069	0,03	3,5
			Semipesados	0,940	0,250	0,06	6,000	0,111	0,03	3,5
			Pesados	0,940	0,250	0,06	6,000	0,111	0,03	3,5
		Ônibus	Urbanos	1,410	0,380	0,06	9,000	0,166	0,03	2,3
			Rodoviários	1,070	0,290	0,06	6,830	0,126	0,03	3,0
2006	P4/P5	Caminhões	Semileves	0,648	0,138	0,06	1,903	0,047	0,03	9,1
			Leves	0,755	0,207	0,06	3,419	0,068	0,03	5,6
			Médios	0,665	0,125	0,06	3,088	0,061	0,03	5,6
			Semipesados	0,994	0,226	0,06	5,348	0,163	0,03	3,4
			Pesados	0,941	0,261	0,06	5,301	0,095	0,03	3,4
		Ônibus	Urbanos	1,811	0,351	0,06	8,213	0,163	0,03	2,1
			Micro-ônibus	1,561	0,213	0,06	4,769	0,110	0,03	3,4
			Rodoviários	0,964	0,251	0,06	5,598	0,102	0,03	3,2
2007	P4/P5	Caminhões	Semileves	0,648	0,138	0,06	1,903	0,047	0,03	9,1
			Leves	0,755	0,207	0,06	3,419	0,068	0,03	5,6
			Médios	0,665	0,125	0,06	3,088	0,061	0,03	5,6
			Semipesados	0,994	0,226	0,06	5,348	0,163	0,03	3,4

		(conclusão)								
		Ônibus	Urbanos	0,537	0,015	0,06	2,623	0,021	0,03	2,1
			Micro-ônibus	0,213	0,051	0,06	1,411	0,016	0,03	3,4
			Rodoviários	0,288	0,028	0,06	1,550	0,016	0,03	3,4
2013	P7	Caminhões	Semileves	0,012	0,005	0,06	0,489	0,004	0,03	9,1
			Leves	0,115	0,007	0,06	0,956	0,008	0,03	5,6
			Médios	0,081	0,009	0,06	1,061	0,009	0,03	5,8
			Semipesados	0,107	0,017	0,06	1,601	0,016	0,03	3,6
			Pesados	0,285	0,029	0,06	1,543	0,016	0,03	3,6
		Ônibus	Urbanos	0,539	0,015	0,06	2,686	0,021	0,03	2,1
			Micro-ônibus	0,132	0,031	0,06	1,221	0,011	0,03	3,4
			Rodoviários	0,282	0,032	0,06	1,650	0,016	0,03	3,4
2014 (2)	P7	Caminhões	Semileves	0,012	0,005	0,06	0,489	0,004	0,03	9,1
			Leves	0,115	0,007	0,06	0,956	0,008	0,03	5,6
			Médios	0,081	0,009	0,06	1,061	0,009	0,03	5,8
			Semipesados	0,107	0,017	0,06	1,601	0,016	0,03	3,6
			Pesados	0,285	0,029	0,06	1,543	0,016	0,03	3,6
		Ônibus	Urbanos	0,539	0,015	0,06	2,686	0,021	0,03	2,1
			Micro-ônibus	0,132	0,031	0,06	1,221	0,011	0,03	3,4
			Rodoviários	0,282	0,032	0,06	1,650	0,016	0,03	3,4
2015	P7	Caminhões	Semileves	0,027	0,006	0,06	0,581	0,004	0,03	9,1
			Leves	0,163	0,008	0,06	0,956	0,009	0,03	5,6
			Médios	0,108	0,013	0,06	1,019	0,009	0,03	5,8
			Semipesados	0,128	0,021	0,06	1,645	0,016	0,03	3,6
			Pesados	0,259	0,027	0,06	1,624	0,016	0,03	3,6
		Ônibus	Urbanos	0,479	0,018	0,06	2,623	0,023	0,03	2,1
			Micro-ônibus	0,106	0,026	0,06	1,478	0,010	0,03	3,3
			Rodoviários	0,308	0,027	0,06	1,707	0,017	0,03	3,4

Notas:

Até 2003 os valores foram obtidos do 1º Inventário Nacional.

De 2004 a 2005 valores médios das fases P4 e P5 publicados no RQA 2008 e a partir de 2006 obtidos dos RVEP e ponderados pelos Relatórios de Vendas anuais em g/kwh e convertidos para g/km.

Os valores de consumo específicos utilizados na conversão foram alterados conforme Nota 1 do Apêndice R.

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO J - Fatores de emissão e autonomia de motocicletas e similares

(continua)

Ano	Classificação	Fase Promot	Combustível	CO	HC	NMHC	CH4	NOx	CO ₂	N ₂ O	Autonomia
				(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(km/l)
2003	≤ 150 cc	M1	Gasolina	4,785	0,725	0,616	0,109	0,145	43	0,002	Nd
	>150 e ≤ 500 cc			7,300	1,165	0,990	0,175	0,165	82	0,002	Nd
	≥ 501 cc			3,570	0,110	0,094	0,017	0,110	163	0,002	Nd
2004	≤ 150 cc	M1	Gasolina	6,065	0,815	0,693	0,122	0,175	47	0,002	Nd
	>150 e ≤ 500 cc			7,300	1,165	0,990	0,175	0,165	82	0,002	Nd
	≥ 501 cc			3,665	0,685	0,582	0,103	0,120	172	0,002	Nd
2005	≤ 150 cc	M1	Gasolina	2,610	0,460	0,391	0,069	0,160	43	0,002	Nd
	>150 e ≤ 500 cc			3,135	0,585	0,497	0,088	0,135	82	0,002	Nd
	≥ 501 cc			1,725	0,395	0,336	0,059	0,125	145	0,002	Nd
2006	≤ 150 cc	M2	Gasolina	2,235	0,335	0,285	0,050	0,175	53	0,002	Nd
	>150 e ≤ 500 cc			1,745	0,375	0,319	0,056	0,155	65	0,002	Nd
	≥ 501 cc			1,225	0,205	0,174	0,031	0,050	201	0,002	Nd
2007	≤ 150 cc	M2	Gasolina	1,795	0,320	0,272	0,048	0,170	60	0,002	Nd
	>150 e ≤ 500 cc			1,995	0,365	0,310	0,055	0,145	77	0,002	Nd
	≥ 501 cc			1,315	0,215	0,183	0,032	0,095	158	0,002	Nd
2008	≤ 150 cc	M2	Gasolina	1,355	0,230	0,196	0,035	0,115	55	0,002	Nd
	>150 e ≤ 500 cc			1,720	0,290	0,247	0,044	0,145	74	0,002	Nd
	≥ 501 cc			1,250	0,190	0,162	0,029	0,070	132	0,002	Nd
2009	≤ 150 cc	M3	Gasolina	1,090	0,165	0,124	0,041	0,100	61	0,002	Nd
	>150 e ≤ 500 cc			1,070	0,115	0,086	0,029	0,105	87	0,002	Nd
	≥ 501 cc			1,015	0,150	0,113	0,037	0,105	143	0,002	Nd
2010	≤ 150 cc	M3	Gasolina	0,684	0,175	0,131	0,044	0,065	52	0,002	Nd
	> 150 cc			1,142	0,124	0,093	0,031	0,095	79	0,002	Nd
	≤ 150 cc		Flex-Gasolina	0,754	0,148	0,111	0,037	0,052	51	Nd	Nd
	≤ 150 cc		Flex-Etanol	0,579	0,156	0,117	0,039	0,066	51	Nd	Nd
2011	≤ 150 cc	M3	Gasolina	0,610	0,200	0,150	0,050	0,080	56	0,002	38,5
	> 150 cc			1,030	0,110	0,083	0,027	0,090	71	0,002	27,2
	≤ 150 cc		Flex-Gasolina	0,760	0,140	0,105	0,035	0,060	50	Nd	42,8
	≤ 150 cc		Flex-Etanol	0,680	0,160	0,120	0,040	0,060	49	Nd	28,0
2012	≤ 150 cc	M3	Gasolina	0,500	0,170	0,128	0,042	0,070	56	0,002	38,4
	> 150 cc			0,990	0,110	0,083	0,027	0,090	83	0,002	26,5
	≤ 150 cc		Flex-Gasolina	0,740	0,140	0,105	0,035	0,040	50	Nd	43,2
	> 150 cc			1,140	0,100	0,075	0,025	0,090	71	Nd	29,4
	≤ 150 cc		Flex-Etanol	0,900	0,160	0,120	0,040	0,040	47	Nd	29,3
	> 150 cc			1,430	0,250	0,188	0,062	0,050	71	Nd	20,4
2013	≤ 150 cc	M3	Gasolina	0,490	0,160	0,120	0,040	0,060	55	0,002	38,0
	> 150 cc			0,820	0,125	0,094	0,031	0,073	85	0,002	27,5
	≤ 150 cc		Flex-Gasolina	0,667	0,140	0,105	0,035	0,046	49	Nd	41,9
	> 150 cc			0,696	0,081	0,061	0,020	0,077	77	Nd	27,6
	≤ 150 cc		Flex-Etanol	0,812	0,150	0,113	0,037	0,039	47	Nd	30,8

											(conclusão)
	> 150 cc			0,780	0,090	0,068	0,022	0,042	76	Nd	18,3
2014	≤ 150 cc	M3	Gasolina	0,490	0,160	0,120	0,040	0,060	55	0,002	38,0
	> 150 cc			0,820	0,125	0,094	0,031	0,073	85	0,002	27,5
	≤ 150 cc		Flex-Gasolina	0,667	0,140	0,105	0,035	0,046	49	Nd	41,9
	> 150 cc			0,696	0,081	0,061	0,020	0,077	77	Nd	27,6
	≤ 150 cc		Flex-Etanol	0,812	0,150	0,113	0,037	0,039	47	Nd	30,8
	> 150 cc			0,780	0,090	0,068	0,022	0,042	76	Nd	18,3
2015	≤ 150 cc	M4	Gasolina	0,570	0,130	0,097	0,032	0,043	50	0,002	44,8
	> 150 cc			0,734	0,112	0,084	0,028	0,064	75	0,002	31,1
	≤ 150 cc		Flex-Gasolina	0,712	0,114	0,086	0,028	0,037	45	Nd	46,9
	> 150 cc			0,633	0,072	0,054	0,018	0,050	54	Nd	41,0
	≤ 150 cc		Flex-Etanol	0,786	0,138	0,103	0,034	0,029	43	Nd	32,4
	> 150 cc			0,697	0,087	0,065	0,022	0,032	52	Nd	28,3

Notas:

De 2003 a 2009 valores obtidos pelas médias de homologação.

Em 2010 e 2011 calculados considerando os valores de homologação ponderados pelas vendas.

A partir de 2012, valores obtidos a partir dos Relatórios de Valores de Emissão da Produção (RVEP) e ponderados pelos Relatórios de Vendas anuais.

Por falta de dados disponíveis em 2014 foram repetidos os fatores de emissão de 2013

Os valores de NMHC e CH₄ foram obtidos a partir da proporção informada na Tabela 2. Considerou-se as motos produzidas anteriormente a 2009 como sem catalisador e com catalisador após 2009.

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO K - Fatores de emissão deteriorados para automóveis do ciclo otto

(continua)

Ano	CO (g/km)				NMHC escapamento (g/km)				NOx (g/km)				RCHO escapamento (g/km)			
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado
1975	33,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1976	33,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1977	33,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1978	33,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1979	33,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1980	33,60	21,60	nd	nd	3,06	1,632	nd	nd	1,40	1	nd	nd	0,0600	0,132	nd	nd
1981	33,60	21,60	nd	nd	3,06	1,632	nd	nd	1,40	1	nd	nd	0,0600	0,132	nd	nd
1982	33,60	21,60	nd	nd	3,06	1,632	nd	nd	1,40	1	nd	nd	0,0600	0,132	nd	nd
1983	33,60	21,60	nd	nd	3,06	1,632	nd	nd	1,40	1	nd	nd	0,0600	0,132	nd	nd
1984	33,60	20,28	nd	nd	2,45	1,632	nd	nd	1,60	1,2	nd	nd	0,0600	0,132	nd	nd
1985	33,60	20,28	nd	nd	2,45	1,632	nd	nd	1,60	1,2	nd	nd	0,0600	0,132	nd	nd
1986	26,40	19,20	nd	nd	2,04	1,632	nd	nd	1,90	1,8	nd	nd	0,0480	0,132	nd	nd
1987	26,40	19,20	nd	nd	2,04	1,632	nd	nd	1,90	1,8	nd	nd	0,0480	0,132	nd	nd
1988	22,20	15,96	nd	nd	1,73	1,73	nd	nd	1,80	1,40	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1989	18,24	15,36	nd	nd	1,63	1,63	nd	nd	1,60	1,10	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1990	15,96	12,96	nd	nd	1,43	1,33	nd	nd	1,40	1,20	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1991	13,80	10,08	nd	nd	1,33	1,12	nd	nd	1,30	1,00	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1992	7,44	4,32	nd	nd	0,61	0,61	nd	nd	0,60	0,50	nd	nd	0,0156	0,0420	nd	nd
1993	7,56	5,04	nd	nd	0,61	0,71	nd	nd	0,80	0,60	nd	nd	0,0264	0,0480	nd	nd
1994	6,94	5,54	nd	nd	0,53	0,61	nd	nd	0,81	0,78	nd	nd	0,0383	0,0521	nd	nd
1995	5,60	5,51	nd	nd	0,53	0,61	nd	nd	0,70	0,78	nd	nd	0,0272	0,0517	nd	nd
1996	4,66	4,77	nd	nd	0,38	0,53	nd	nd	0,60	0,78	nd	nd	0,0211	0,0493	nd	nd
1997	2,02	1,73	nd	nd	0,22	0,31	nd	nd	0,39	0,37	nd	nd	0,0090	0,0209	nd	nd
1998	1,57	1,47	nd	nd	0,17	0,22	nd	nd	0,32	0,31	nd	nd	0,0059	0,0225	nd	nd
1999	1,48	1,36	nd	nd	0,17	0,21	nd	nd	0,31	0,29	nd	nd	0,0058	0,0211	nd	nd
2000	1,42	1,35	nd	nd	0,16	0,21	nd	nd	0,29	0,27	nd	nd	0,0057	0,0217	nd	nd
2001	1,13	1,34	nd	nd	0,14	0,18	nd	nd	0,21	0,14	nd	nd	0,0056	0,0243	nd	nd

(conclusão)

Ano	CO (g/km)				NMHC escapamento (g/km)				NOx (g/km)				RCHO escapamento (g/km)			
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado
2002	1,03	1,38	nd	nd	0,14	0,19	nd	nd	0,19	0,14	nd	nd	0,01	0,02	nd	nd
2003	0,96	1,37	1,12	1,04	0,13	0,18	0,09	0,17	0,18	0,14	0,11	0,19	0,0054	0,0254	0,0055	0,0257
2004	0,86	1,38	0,96	0,95	0,13	0,18	0,11	0,16	0,15	0,13	0,11	0,18	0,0052	0,0220	0,0044	0,0192
2005	0,80	1,33	0,97	0,84	0,12	0,18	0,13	0,15	0,14	0,13	0,11	0,14	0,0051	0,0215	0,0043	0,0188
2006	0,72	1,13	0,98	0,90	0,10	0,14	0,11	0,13	0,11	0,09	0,10	0,10	0,0033	0,0190	0,0041	0,0184
2007	0,67	nd	0,93	0,86	0,10	nd	0,11	0,13	0,11	nd	0,09	0,09	0,0032	nd	0,0040	0,0179
2008	0,69	nd	0,89	0,88	0,08	nd	0,11	0,11	0,08	nd	0,08	0,08	0,0029	nd	0,0029	0,0185
2009	0,47	nd	0,64	0,83	0,04	nd	0,06	0,07	0,05	nd	0,06	0,06	0,0017	nd	0,0032	0,0134
2010	0,43	nd	0,56	0,75	0,04	nd	0,06	0,07	0,05	nd	0,06	0,06	0,0021	nd	0,0022	0,0099
2011	0,46	nd	0,51	0,69	0,04	nd	0,05	0,07	0,05	nd	0,06	0,05	0,0032	nd	0,0016	0,0111
2012	0,41	nd	0,45	0,63	0,04	nd	0,04	0,07	0,04	nd	0,05	0,04	0,0024	nd	0,0018	0,0099
2013	0,33	nd	0,36	0,54	0,03	nd	0,04	0,06	0,03	nd	0,04	0,03	0,0018	nd	0,0017	0,0093
2014	0,27	nd	0,31	0,45	0,02	nd	0,03	0,06	0,02	nd	0,03	0,02	0,0015	nd	0,0016	0,0089
2015	0,19	nd	0,25	0,38	0,01	nd	0,02	0,06	0,02	nd	0,02	0,02	0,0015	nd	0,0015	0,0084

Nota: nd - não disponível

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO L - Fatores de emissão deteriorados para comerciais leves do ciclo otto

(continua)

Ano	CO (g/km)				NMHC escapamento (g/km)				NOx (g/km)				RCHO escapamento (g/km)			
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado
1975	39,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1976	39,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1977	39,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1978	39,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1979	39,60	nd	nd	nd	3,06	nd	nd	nd	1,40	nd	nd	nd	0,0600	nd	nd	nd
1980	39,60	21,60	nd	nd	3,06	1,63	nd	nd	1,40	1,00	nd	nd	0,0600	0,1320	nd	nd
1981	39,60	21,60	nd	nd	3,06	1,63	nd	nd	1,40	1,00	nd	nd	0,0600	0,1320	nd	nd
1982	39,60	21,60	nd	nd	3,06	1,63	nd	nd	1,40	1,00	nd	nd	0,0600	0,1320	nd	nd
1983	39,60	21,60	nd	nd	3,06	1,63	nd	nd	1,40	1,00	nd	nd	0,0600	0,1320	nd	nd
1984	39,60	20,28	nd	nd	3,06	1,63	nd	nd	1,40	1,20	nd	nd	0,0600	0,1320	nd	nd
1985	33,60	20,28	nd	nd	2,45	1,63	nd	nd	1,60	1,20	nd	nd	0,0600	0,1320	nd	nd
1986	33,60	19,20	nd	nd	2,45	1,63	nd	nd	1,60	1,80	nd	nd	0,0600	0,1320	nd	nd
1987	26,40	19,20	nd	nd	2,04	1,63	nd	nd	1,90	1,80	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1988	26,40	15,96	nd	nd	2,04	1,73	nd	nd	1,90	1,40	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1989	22,20	15,36	nd	nd	1,73	1,63	nd	nd	1,80	1,10	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1990	18,24	12,96	nd	nd	1,63	1,33	nd	nd	1,60	1,20	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1991	15,96	10,08	nd	nd	1,43	1,12	nd	nd	1,40	1,00	nd	nd	0,0480	0,1320	nd	nd
1992	13,80	4,32	nd	nd	1,33	0,61	nd	nd	1,30	0,50	nd	nd	0,0480	0,0420	nd	nd
1993	11,60	5,04	nd	nd	0,61	0,71	nd	nd	0,60	0,60	nd	nd	0,0156	0,0480	nd	nd
1994	10,65	5,38	nd	nd	0,60	0,60	nd	nd	0,91	0,90	nd	nd	0,0244	0,0504	nd	nd
1995	10,61	5,35	nd	nd	0,53	0,59	nd	nd	0,81	0,90	nd	nd	0,0383	0,0501	nd	nd
1996	10,58	3,51	nd	nd	0,83	0,53	nd	nd	0,99	2,85	nd	nd	0,0103	0,0279	nd	nd
1997	7,48	3,98	nd	nd	0,62	0,55	nd	nd	0,68	3,34	nd	nd	0,0083	0,0281	nd	nd
1998	1,48	3,20	nd	nd	0,16	0,50	nd	nd	0,27	2,59	nd	nd	0,0054	0,0265	nd	nd
1999	1,42	3,18	nd	nd	0,15	0,50	nd	nd	0,28	2,60	nd	nd	0,0062	0,0262	nd	nd
2000	1,45	3,14	nd	nd	0,14	0,49	nd	nd	0,30	2,60	nd	nd	0,0062	0,0258	nd	nd
2001	1,68	3,11	nd	nd	0,16	0,49	nd	nd	0,33	2,60	nd	nd	0,0053	0,0254	nd	nd

(conclusão)

Ano	CO (g/km)				NMHC escapamento (g/km)				NOx (g/km)				RCHO escapamento (g/km)			
	Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel		Gasolina C	Etanol Hidratado	Flex-fuel	
			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado			Gasolina C	Etanol Hidratado
2002	1,50	1,36	nd	nd	0,15	0,22	nd	nd	0,23	0,88	nd	nd	0,0057	0,0252	nd	nd
2003	1,56	1,32	1,12	1,16	0,14	0,21	0,09	0,18	0,22	0,87	0,11	0,20	0,0050	0,0248	0,0055	0,0269
2004	1,52	1,28	0,96	1,06	0,14	0,21	0,11	0,17	0,20	0,87	0,11	0,19	0,0047	0,0244	0,0044	0,0204
2005	1,33	1,10	0,97	0,94	0,16	0,21	0,13	0,16	0,28	0,73	0,11	0,15	0,0046	0,0264	0,0043	0,0199
2006	1,21	1,06	0,97	0,85	0,12	0,21	0,15	0,14	0,30	0,33	0,12	0,17	0,0033	0,0260	0,0031	0,0234
2007	1,11	nd	0,96	0,86	0,14	nd	0,12	0,12	0,12	nd	0,11	0,13	0,0028	nd	0,0034	0,0219
2008	0,90	nd	0,86	0,84	0,10	nd	0,11	0,12	0,09	nd	0,10	0,11	0,0026	nd	0,0032	0,0210
2009	0,64	nd	0,55	0,81	0,06	nd	0,07	0,05	0,06	nd	0,07	0,06	0,0047	nd	0,0023	0,0148
2010	0,60	nd	0,49	0,83	0,05	nd	0,05	0,05	0,05	nd	0,07	0,06	0,0024	nd	0,0021	0,0146
2011	0,55	nd	0,47	0,92	0,05	nd	0,05	0,07	0,05	nd	0,06	0,04	0,0024	nd	0,0019	0,0114
2012	0,48	nd	0,42	0,93	0,04	nd	0,04	0,07	0,03	nd	0,06	0,06	0,0024	nd	0,0028	0,0124
2013	0,31	nd	0,36	0,77	0,03	nd	0,04	0,07	0,03	nd	0,06	0,05	0,0017	nd	0,0023	0,0124
2014	0,30	nd	0,35	0,63	0,02	nd	0,03	0,08	0,02	nd	0,04	0,05	0,0013	nd	0,0032	0,0127
2015	0,22	nd	0,41	0,37	0,02	nd	0,02	0,04	0,01	nd	0,02	0,03	0,0014	nd	0,0022	0,0081

Nota: nd – não disponível

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO M – Intensidade de uso de referência (km/ano) por tipo de veículo

(continua)

Anos de uso	Automóveis Gasolina	Automóveis Etanol	Automóveis <i>Flex-fuel</i>	Comerciais leves Gasolina	Comerciais Leves Etanol	Comerciais Leves <i>flex-fuel</i>	Comerciais Leves Diesel	Motocicletas	Ônibus Urbanos	Micro-Ônibus	Ônibus Rodoviários	Caminhões Semileves	Caminhões Leves	Caminhões Médios	Caminhões Semi-pesados	Caminhões Pesados
0	5.998	nd	8.610	8.966	nd	9.110	14.221	6.403	31.235	17.789	31.235	20.542	20.542	20.542	28.112	28.112
1	11.997	nd	17.220	17.933	nd	18.220	28.443	12.807	62.470	35.578	62.470	41.083	41.083	41.083	56.223	56.223
2	12.632	nd	15.968	17.638	nd	21.110	27.358	13.078	58.979	31.654	58.979	38.117	38.117	38.117	55.200	55.200
3	13.177	nd	15.277	17.320	nd	21.914	26.321	13.243	55.908	29.359	55.908	35.564	35.564	35.564	54.176	54.176
4	13.635	nd	15.001	16.981	nd	21.277	25.270	13.313	53.205	27.730	53.205	33.386	33.386	33.386	53.152	53.152
5	14.009	nd	14.995	16.623	nd	19.843	24.142	13.293	50.816	26.467	50.816	31.543	31.543	31.543	52.129	52.129
6	14.305	nd	15.112	16.248	nd	18.255	22.874	13.192	48.689	25.435	48.689	30.002	30.002	30.002	51.105	51.105
7	14.525	18.691	15.208	15.858	15.858	17.160	21.406	13.019	46.769	24.562	46.769	28.726	28.726	28.726	50.081	50.081
8	14.675	17.456	15.136	15.456	15.456	17.199	19.673	12.781	45.004	23.806	45.004	27.684	27.684	27.684	49.057	49.057
9	14.758	16.431	15.000	15.044	15.044	17.500	17.614	12.486	43.341	23.140	43.341	26.846	26.846	26.846	48.034	48.034
10	14.778	15.596	15.000	14.624	14.624	17.500	15.950	12.142	41.727	22.543	41.727	26.182	26.182	26.182	47.010	47.010
11	14.739	14.933		14.198	14.198		15.950	11.758	40.108	22.004	40.108	25.666	25.666	25.666	45.986	45.986
12	14.645	14.421		13.768	13.768		15.950	11.341	38.432	21.511	38.432	25.274	25.274	25.274	44.963	44.963
13	14.500	14.040		13.336	13.336		15.950	10.900	36.644	21.058	36.644	24.982	24.982	24.982	43.939	43.939
14	14.309	13.771		12.905	12.905		15.950	10.442	34.693	20.638	34.693	24.768	24.768	24.768	42.915	42.915
15	14.075	13.595		12.477	12.477		15.950	9.976	32.525	18.680	32.525	24.615	24.615	24.615	41.892	41.892
16	13.803	13.490		12.054	12.054		15.950	9.509	30.709	18.680	30.709	24.504	24.504	24.504	40.868	40.868
17	13.495	13.438		11.638	11.638		15.950	9.050	29.329	18.680	29.329	24.420	24.420	24.420	39.844	39.844
18	13.157	13.419		11.231	11.231		15.950	9.050	28.010	18.680	28.010	24.348	24.348	24.348	38.820	38.820
19	12.793	13.412		10.835	10.835		15.950	9.050	26.751	18.680	26.751	24.278	24.278	24.278	37.797	37.797
20	12.406	13.399		10.454	10.454		15.950	9.050	25.548	18.680	25.548	24.199	24.199	24.199	36.773	36.773
21	12.000	13.360		10.088	10.088		15.950	9.050	24.400	18.680	24.400	24.103	24.103	24.103	35.749	35.749
22	11.580	13.274		9.740	9.740		15.950	9.050	23.303	18.680	23.303	23.984	23.984	23.984	34.726	34.726
23	11.149	13.123		9.412	9.412		15.950	9.050	22.255	18.680	22.255	23.837	23.837	23.837	33.702	33.702

(conclusão)																
24	10.712	12.886		9.107	9.107		15.950	9.050	21.255	18.680	21.255	23.660	23.660	23.660	32.678	32.678
25	10.273	12.543		8.826	8.826		15.950	9.050	20.299	18.680	20.299	23.452	23.452	23.452	31.655	31.655
26	9.835	12.076		8.572	8.572		15.950	9.050	19.386	18.680	19.386	23.214	23.214	23.214	30.631	30.631
27	9.402	11.463		8.347	8.347		15.950	9.050	18.515	18.680	18.515	22.949	22.949	22.949	29.607	29.607
28	8.980	10.686		8.152	8.152		15.950	9.050	17.682	18.680	17.682	22.662	22.662	22.662	28.583	28.583
29	8.571	9.724		7.991	7.991		15.950	9.050	16.887	18.680	16.887	22.360	22.360	22.360	27.560	27.560
30	8.180	8.275		7.866	7.866		15.950	9.050	16.128	18.680	16.128	22.051	22.051	22.051	26.536	26.536
31	7.810	8.275		7.862	7.862		15.950	9.050	15.403	18.680	15.403	21.745	21.745	21.745	25.512	25.512
32	7.467	8.275		7.862	7.862		15.950	9.050	14.711	18.680	14.711	21.456	21.456	21.456	24.489	24.489
33	7.153	8.275		7.862	7.862		15.950	9.050	14.049	18.680	14.049	21.197	21.197	21.197	23.465	23.465
34	6.873	8.275		7.862	7.862		15.950	9.050	13.418	18.680	13.418	20.984	20.984	20.984	22.441	22.441
35	6.631	8.275		7.862	7.862		15.950	9.050	12.814	18.680	12.814	20.835	20.835	20.835	21.418	21.418
36	6.430	8.275		7.862	7.862		15.950		12.238	18.680	12.238	20.769	20.769	20.769	20.394	20.394
37	6.276	8.275		7.862	7.862		15.950		11.688	18.680	11.688	20.809	20.809	20.809	19.370	19.370
38	6.172	8.275		7.862	7.862		15.950		11.163	18.680	11.163	20.978	20.978	20.978	18.346	18.346
39	6.174	8.275		7.862	7.862		15.950		10.661	18.680	10.661	21.804	21.804	21.804	17.323	17.323
40	6.174	8.275		7.862	7.862		15.950		10.181	18.680	10.181	21.804	21.804	21.804	16.299	16.299

Nota: nd - não disponível.

Fonte: CETESB (2016a).

ANEXO N – Emissões veiculares de escapamento de monóxido de carbono (CO) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO O – Emissões veiculares de escapamento de hidrocarbonetos (HC) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO P– Emissões veiculares de escapamento de monóxido de hidrocarbonetos não metano (NMHC) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO Q – Emissões veiculares de escapamento de metano (CH₄) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO R – Emissões veiculares de escapamento de óxidos de nitrogênio (NO_x) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO S – Emissões veiculares de escapamento de aldeídos totais (RCHO) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO T – Emissões veiculares de escapamento de dióxido de carbono (CO₂) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.

ANEXO U – Emissões veiculares de escapamento de material particulado (MP) nos municípios paulistas em 2006, 2009, 2012 e 2015

Fonte: Elaboração própria.