INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

LUARA MUSSE DE OLIVEIRA

CONTRIBUIÇÃO DO PROGRAMA DESPOLUIR PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS PELA FROTA DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DO NATAL-RN

NATAL-RN
2017

LUARA MUSSE DE OLIVEIRA

CONTRIBUIÇÃO DO PROGRAMA DESPOLUIR PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS PELA FROTA DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DO NATAL-RN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPGUSRN), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Uso Sustentável dos Recursos Naturais, na linha de Saneamento.

Orientadora: Profª. D.ra Régia Lúcia Lopes

NATAL-RN

2017

Oliveira, Luara Musse de.

O48c Contribuição do programa despoluir para a redução das emissões atmosféricas pela frota de ônibus na região metropolitana de Natal–RN / Luara Musse de Oliveira. – 2017.
73 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.
Orientador(a): Prof. D.ra. Régia Lúcia Lopes.

1. Poluição atmosférica. 2. Programa despoluir. 3. Aferições veiculares. I. Lopes, Régia Lúcia. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. IV. Título.

504.5

Catalogação na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.

LUARA MUSSE DE OLIVEIRA

CONTRIBUIÇÃO DO PROGRAMA DESPOLUIR PARA A REDUÇÃO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS PELA FROTA DE ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DO NATAL-RN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais (PPGUSRN), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Uso Sustentável dos Recursos Naturais, na linha de Saneamento. Orientadora: Profª. Drª Régia Lúcia Lopes

Dissertação apresentado e aprovado em 31/07/2017, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Régia Lúcia Lopes, Drª – Presidente

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Jean Leite Tavares, Dr – Examinador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Glauber José Turolla Fernandes, Dr – Examinador externo

Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER).

Dedico esse trabalho aos meus pais, que estiveram e continuam sempre presentes em todos os momentos de minha vida, mesmo à distância. Sem seu incentivo, suas puxadas de orelha, sua dedicação e seu apoio seria impossível seguir adiante, principalmente quando a saudade atrapalha a inspiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida. Por me dar forças e fé para seguir em frente e por sempre colocar as pessoas certas no momento certo na minha vida.

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado e nunca duvidaram da minha capacidade e competência! Obrigada pelo amor e apoio incondicionais! Por mesmo à distância estarem tão presentes na minha vida!

À minha mãe Narla Musse pelas noites em claro, por me ouvir e me acalmar sempre. Por sempre me passar tranquilidade, mesmo estando totalmente aperreada!

Ao meu pai Adelbaldo Silva pelas palavras tranquilizadoras e por sempre ser a voz da razão no meio do mar de emoções que é a minha vida.

Ao Eiblyng Scardini Menegazzo, superintendente da FETRONOR, guru dos ônibus, amigo pessoal e companheiro de todas as horas. Obrigada por toda contribuição enriquecedora e por manter a calma quando eu estava para explodir! Obrigada por ser a calma na minha tempestade e por me encantar com o mundo do Despoluir! Suas contribuições foram sem dúvida alguma enriquecedoras!

À minha equipe do IFPA Campus Breves, por me apoiar e me entender, mesmo quando eu queria passar a impressão de uma pessoa forte! Obrigada por me ouvir e me abraçar quando eu menos esperava e mais precisava! Agradeço por segurarem a barra por mim e para mim.

Ao Gilberto Pimentel e à Andreza Soares, meus brevenses marajoaras incríveis, que estiveram comigo durante toda a minha jornada de escrita à distância, me apoiando, me alimentando, me fazendo dar gargalhadas e enxugando minhas lágrimas quando essas rolavam! Vocês foram e estão sendo fundamentais na minha adaptação em Breves-PA. Obrigada por acreditarem em mim e me darem guaraná em pó pra aguentar as noites em claro!

Ao Edson Moura, “meu” estatístico fera em Excel e de uma humanidade sem tamanho! Obrigada por aguentar meus questionamentos de madrugada e tarde da noite! Obrigada por toda paciência e videoconferências, me explicando cada cálculo e cada procedimento.

Ao meu grupo de Resenhas de Natal. Por cada gargalhada e resenha. Por acreditarem em mim a distância e por fazerem videoconferências comigo na mesa de bar!

A Andressa Noronha pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha vida.

À Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Nordeste (FETRONOR) e ao Programa Despoluir por acreditar no meu projeto e colaborar para transformá-lo nesta dissertação. Obrigada pela disponibilidade dos dados e por ter uma equipe sempre disposta a me atender e a responder meus questionamentos.

À minha orientadora, Régia Lúcia Lopes, pelo empenho dedicado à construção deste trabalho e por ter acreditado que seria possível, mesmo não sendo totalmente dentro de sua área de atuação.

Ao meu co-orientador, Jean Leite Tavares, pelas valiosas contribuições.

Aos meus colegas de mestrado e ao nosso grupo do “Saneamento”, pelas palavras de apoio, ajuda nas disciplinas, lanches divertidos, dormidas nas aulas e gargalhadas compartilhadas durante as disciplinas. Sem vocês esse mestrado não teria tido tanta graça e sido tão memorável.

Ao Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável em Recursos Naturais (PPgUSRN) do IFRN, com seu corpo docente, coordenação e secretaria por me mostrar a janela que hoje admiro um horizonte mais amplo do que aquele com que entrei no Programa.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

A Região Metropolitana de Natal (RMN) tem vivenciado o aumento da frota veicular na última década e sua influência na qualidade do ar. O Programa Despoluir desenvolve aferições veiculares com base nos padrões estabelecidos pelo Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos. Automotores (PROCONVE) relacionadas com o desempenho operacional da frota de transporte público de passageiros da RMN verificando os níveis de opacidade. O objetivo geral desta pesquisa é avaliar as atividades do Programa Despoluir e suas implicações na redução das emissões atmosféricas de CO_2 no período de 2010 e 2014 na RMN. Esta pesquisa se configura como sendo do tipo quantitativa e explicativa, usando como metodologia a pesquisa bibliográfica e documental e utilizou os dados referentes às aferições realizadas pelo Programa. Foi feita uma análise interpretativa dos dados fornecidos e a metodologia utilizada para a determinação das emissões de CO_2 levou em consideração o Índice de Consumo de Combustível (ICC) e o Fator de Emissão de CO_2 para o combustível diesel. De acordo com os dados apresentados a frota pesquisada corresponde a 0,2% da frota veicular total da RMN e é responsável por emitir uma média de 1.115 kg de CO_2 por cada quilômetro rodado. Verificou-se através de análise de regressão que quanto maior o índice de aprovação da frota, menor a quantidade de emissões de CO_2. Sendo assim, esse programa contribui para melhoria das posturas operacionais das empresas de transporte de passageiros e dessa forma para diminuições de emissões atmosféricas do setor de transporte. Recomenda-se que políticas públicas voltadas para a qualidade ambiental do ar, com o foco nas fontes móveis, devem ser realizadas visando os automóveis particulares movidos a diesel, etanol, GNV ou gasolina e motocicletas, uma vez que estas categorias de veículos representam o maior percentual de veículos que rodam na RMN.

Palavras-chave: Programa Despoluir. Emissões Veiculares. Frota de ônibus. CO_2
.

ABSTRACT

The Metropolitan Region of Natal (MRN) has experienced the problems that the great urban centers suffer and one of the points is the increase of the vehicular fleet in the last decade and its influence in the quality of the air. The Depollute Program develops vehicular measurements based on the standards established by PROCONVE related to the operational performance of the public passenger transport fleet of NMR by checking the levels of opacity. The main objective of this research is to evaluate the activities of the Depollute Program and its implications for improving the atmospheric emissions of CO_2 and Particulate Matter between 2010 and 2014 in MRN. This research is configured as a quantitative and explanatory type, using bibliographical and documentary research as methodology, and used the data related to the measurements accomplished by coordination of the Program. It was done an interpretative analysis of the data provided and the methodology used to determine CO_2 emissions took into consideration the Fuel Consumption Index (FCI) and the CO_2 Emission Factor for diesel fuel, and the analysis for particulate matter (PM) was made based on opacity. According to the data presented, the fleet studied corresponds to 0.2% of the total vehicle fleet of RMN and is responsible for issuing an average of 1,115 kg of CO2 per kilometer. It was verified that the greater the positive variation of the fleet approval index, the CO_2 emission will have its inversely proportional variation. About the PM, it was demonstrated that more than 87% of the calibrated vehicles are within the opacity standard required by CONAMA Resolution 418/2009, showing a direct correlation between approval rating, FCI consumption index and consequently lower emissions of CO_2 and material Particulate matter in the atmosphere. As such, this program contributes to the improvement of the operational positions of the passenger transport companies and thus to reductions in atmospheric emissions from the transport sector. It is recommended that public policies focused on ambient air quality, focusing on mobile sources, should be done focused on private cars and motorcycles, since these categories of vehicles represent the highest percentage of vehicles running on MRN.

Keywords: Depollute Program. Vehicle Measurements. Bus fleet. CO_2.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma apresentando a metodologia utilizada na pesquisa.....40
Figura 2 - Região Metropolitana de Natal/RN, mostrando a localização das garagens das empresas de ônibus. 41
Figura 3 - Relatório emitido pelo Programa Despoluir após a aferição de cada veículo 43
Figura 4 - Número de aprovações e reprovações nas aferições de opacidade realizadas na frota de veículos de transporte de passageiros da RMN entre os anos 2010 a 2014 52
Figura 5 - Distribuição de Aferições de 2010 a 2014 com os índices de aprovação e reprovação. 53
Figura 6 - Variação dos índices de aprovação das inspeções veiculares de um ano para o outro, na área de estudo. 54
Figura 7 - ICC anual calculado.....57
Figura 8 – Percentual da Frota Aprovada x ICC Anual 58
Figura 9 – Estimativa de Emissão de CO_2 (kgCO_2/km).....58
Figura 10 - Variação do percentual da emissão de CO_2 59
Figura 11 - Evolução das variações (correlação entre % aprovação e emissão de CO_2) 60
Figura 12 - Emissão real e média de CO_2 (kg/km) pela frota estudada 61
Figura 13 - Evolução da variação de veículos aprovados e reprovados 62
Figura 14 - Percentual da Frota Aprovada x ICC Anual dos veículos que evoluíram de reprovado para aprovado 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frota veicular no RN e na Região Metropolitana de Natal referente a março de 2016 14
Tabela 2 - Fases do PROCONVE e respectivas exigências. 30
Tabela 3 - Limite de emissão de poluentes de acordo com a fase do PROCONVE. 31
Tabela 4 - Distribuição da frota do Rio Grande do Norte, segundo o tipo de veículo em 01/2016 33
Tabela 5 - Distribuição da frota de ônibus na região metropolitana de Natal e sua porcentagem relacionada à frota do RN. 33
Tabela 6 - Frota veicular no RN e na Região Metropolitana de Natal referente a março de 2016, com destaque para a região conturbada. 48
Tabela 7 - Quantitativo de ônibus aferidos em cada município da área de estudo entre os anos de 2010 e 2014 49
Tabela 8 - Quantitativo de ônibus aferidos por município nos anos de 2010 a 2014 e média da frota ano a ano. 49
Tabela 9 - Quantitativo de aferições por município nos anos de 2010 a 2014 50
Tabela 10 - Normalização da frota aprovada e reprovada em função dos percentuais 56
Tabela 11 - Quantitativo de CO_2 (kg/km) emitido por veículo e pela frota ano a ano. 60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 OBJETIVO GERAL 18

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18

1.3 JUSTIFICATIVA 18

2 REFERENCIAL TEÓRICO 21

2.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA 21

2.2 FONTES DE POLUIÇÃO DO AR E TIPOS DE POLUENTES 22

2.3 GASES DE EFEITO ESTUFA 26

2.4 AFERIÇÕES VEICULARES 28

2.5 PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES (PROCONVE) 29

2.6 FROTA DE VEÍCULOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL 32

2.7 LEGISLAÇÃO REFERENTE ÀS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS 34

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS 39

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 41

3.2 COLETA DE DADOS 41

3.3 CÁLCULOS E ANÁLISES REALIZADAS 44

3.4 ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO_2 45

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 47

4.1 EVOLUÇÃO DAS AFERIÇÕES DE ÔNIBUS DA FROTA DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DA RM DE NATAL 51

4.2 ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE CO_2 PELA FROTA DE ÔNIBUS 56

4.3 ANÁLISE DA FROTA REPROVADA QUE EVOLUIU PARA APROVADA NOS ANOS SEGUINTES 62

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 64

REFERÊNCIAS 66

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte, é popularmente conhecida pelas belezas naturais e pelo forte potencial turístico. Sempre foi considerada uma cidade com boa qualidade do ar, devido às suas características geográficas e climatológicas. Natal possui sua zona urbana em ambiente litorâneo e diariamente tem o ar renovado em consequência do fenômeno da brisa marítima, onde as massas de ar e as correntes de vento submetem esta região a uma melhor qualidade atmosférica (SILVA e SANTOS, 2016).

De acordo com dados de órgãos oficiais de monitoramento e acompanhamento local, se verifica que a região do Natal tem tido um crescimento da frota de veículos (DETRAN, 2016) e de indústrias (FIERN, 2013), além de um acelerado processo de uso e ocupação do solo. Dessa forma começa a sofrer com problemas relacionados aos centros urbanos, podendo haver impacto no que diz respeito à poluição atmosférica, assim como várias capitais do Brasil, como revelam Gouveia *et al.* (2006), em um estudo na cidade de São Paulo (SP), que identificaram associação de material particulado inalável ao incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças, de 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos e de 1,5% por doença isquêmica do coração também em idosos.

Teoldi *et al.* (2017) alertam que a qualidade do ar é um ponto importante nas políticas de saúde vigentes globalmente para proteger a saúde humana e os ecossistemas. As doenças cardiovasculares e pulmonares são as patologias mais comumente associadas com a poluição do ar e estima-se que a exposição a materiais particulados e outros poluentes causam mais de 500.000 mortes prematuras na Europa.

Os efeitos respiratórios relacionados à exposição da população a contaminantes atmosféricos podem ser atribuídos aos poluentes particulados e gasosos, emitidos por diferentes fontes, incluindo veículos automotores. Esta exposição tem levado a um aumento nos sintomas de doenças respiratórias, na procura por atendimentos em serviços de emergência e no número de internações e de óbitos provenientes de afecções do trato respiratório (ARBEX *et al.,* 2012; FAMELI; ASSIMAKOPOULOS, 2015; ROMAN *et al.* 2015; DIVYA *et al.* 2016).

Além de agravar doenças pré-existentes, as exposições crônicas aos poluentes atmosféricos têm agravado o aumento da ocorrência de novos casos de

asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e câncer de pulmão, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, fazendo com que os poluentes atmosféricos rivalizem com a fumaça do tabaco pelo papel de principal fator de risco para estas doenças (COLVILE *et al.* 2001; ROMAN *et al.* 2009; ARBEX *et al.*, 2012).

Um estudo no Estado de São Paulo avaliou 1.769 pacientes com idade acima de 40 anos entre os anos de 2001 e 2003 e mostrou um aumento no número de atendimentos por DPOC em associação a aumentos nas concentrações atmosféricas de MP10 e de SO_2. O estudo mostrou que variações nas concentrações de MP10 e de SO_2 (28,2 µg/m^3 e 7,8 µg/m^3, respectivamente) foram associadas a um aumento cumulativo em 6 dias de 19% e 16% de consultas por DPOC. Um aumento de 10 µg/m^3 na concentração de MP10 associou-se a um aumento de 6,7% no número de atendimentos no dia da exposição (ARBEX *et al.*, 2009).

Nos grandes centros urbanos a poluição atmosférica pode ser originada de diversas fontes e, para tentar minimizar e combater esta poluição é necessário identificá-las e determinar qual é a de maior contribuição. Assim, as fontes poluentes num perímetro urbano podem ser classificadas em três tipos, sendo elas em ponto, em linha ou em zona. Em ponto, remete-se a uma fonte fixa, como indústrias. As linhas são fontes que se movimentam ao longo de trajetos, que é o caso de automóveis rodando em uma via: e em zona, quando existem várias fontes fixas pequenas que acabam influenciando uma área como um bairro, que é o caso de uma região industrial (SIRKIS, 2010)

Saldiva *et al.* (2001) afirmam que alguns dos grandes centros urbanos brasileiros têm um controle rígido das emissões atmosféricas por indústrias devido a um controle maior dos órgãos ambientais, de modo que a fonte poluidora mais preocupante atualmente são os veículos automotivos, mas isso não se aplica a todas as situações.

Na realidade do Rio Grande do Norte (RN), a Cidade de Natal e sua região metropolitana concentram 57,15% das indústrias do estado, sendo elas principalmente têxteis, do vestuário e de alimentos (FIERN, 2013). Não há como afirmar que estas indústrias possuem ou não uma alta emissão atmosférica, uma vez que não há dados publicados a este respeito.

Dentre a frota veicular da RMN, encontram-se veículos a diesel, gasolina, álcool e Gás Natural Veicular (GNV) e, entre eles há também motocicletas, veículos leves, veículos pesados e demais veículos. Em março de 2016 a frota veicular do RN

era de 1.118.927 veículos, distribuídos no RN conforme Tabela 1.

Nos últimos 11 anos a frota veicular do RN mostrou um aumento de 274%, tendo em 2005 um total de 407.356 veículos passando em 2016 a ter 1.151.727 veículos. A frota da capital, Natal, acompanhou este crescimento, apresentando um aumento de 207% passando de 179.451 veículos no ano de 2005 para 371.913 veículos em 2016 (DETRAN/RN, 2016).

Este quadro de aumento da frota veicular já é observado nas últimas três décadas em nível nacional e, em alguns estados, como São Paulo, nota-se um elevado nível de poluição atmosférica e de caos urbano devido ao aumento do contingente veicular (BRITO, 2005; ARBEX *et al.* 2009; CARVALHO, 2011).

Tabela 1 - Frota veicular no RN e na Região Metropolitana de Natal referente a março de 2016

Município		**Frota Veicular**
Região Metropolitana de Natal (RMN)	Natal	371.913
	Parnamirim	90.009
	São Gonçalo do Amarante	20.130
	Macaíba	19.084
	Ceará-Mirim	15.901
	São José do Mipibu	9.986
	Extremoz	6.946
	Vera Cruz	3.050
	Monte Alegre	4.233
	Maxaranguape	1.596
	Ielmo Marinho	1.726
	Nísia Floresta	4.986
Demais Municípios		602.167
Rio Grande do Norte		**1.151.727**

Fonte: adaptado de DETRAN-RN, 2016

Nesse sentido, tendo em vista essa problemática, já em 1986 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou os Programas de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE para automóveis e PROMOT para motocicletas), com o objetivo de reduzir e controlar a contaminação atmosférica por fontes móveis (veículos automotores) fixando prazos, limites máximos de emissão e estabelecendo exigências tecnológicas para veículos automotores, nacionais e importados, através da resolução do CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986 (BRASIL, 1986).

Observando as leis e políticas brasileiras, o Brasil possui uma legislação

bastante complexa envolvendo diversos aspectos relativos às emissões atmosféricas por veículos automotores, ao meio ambiente e ao controle da poluição do ar. Apesar de sua complexidade, pode-se notar que, em diversos aspectos, a legislação brasileira precisa avançar, uma vez que ainda é comercializado o diesel com teores de enxofre maiores que os dos países desenvolvidos, além de uma legislação (CONAMA 03/1990) antiga, que utiliza o Material Particulado MP10 como padrão de lançamento ao invés do MP2,5 preconizado pela OMS como a partícula fina inalável.

A vigilância em saúde da população brasileira exposta a poluentes atmosféricos vem sendo estruturada desde 2001 no âmbito Ministério da Saúde brasileiro (MS), por meio da Secretaria de Vigilância em Saúde/Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador/Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (SVS/DSAST/CGVAM). Trata-se do Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade do Ar (VIGIAR). Este programa é responsável por identificar e monitorar a saúde de populações expostas e/ou potencialmente expostas a poluentes atmosféricos e avaliar os riscos à saúde decorrentes da exposição desses poluentes, entre diversas outras atividades desenvolvidas (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016)

Este programa está presente em todos os estados e municípios brasileiros. Neste sentido, o Programa VIGIAR de Natal está com dois anos de atuação e tem evidenciado em seus relatórios o aumento das incidências de doenças respiratórias e futuramente poderá fazer uma associação com o aumento da poluição do ar, podendo mostrar que provavelmente o número de doenças respiratórias vem aumentando com o aumento da frota. Estas mesmas conclusões já têm sido reportadas em várias partes do mundo que associam a poluição do ar com o aumento das frotas veiculares e, como consequência, o adoecimento das populações (COLVILE *et al.* 2001; RAMACHANDRA e SHWETMALA, 2009; ROMAN *et al.* 2009; DIVYA, *et al.* 2006; FAMELI, ASSIMAKOPOULOS, 2015).

No que diz respeito ao controle da emissão de gases e materiais particulados poluentes por veículos automotores, o controle está amplamente regulamentado pela legislação ambiental brasileira. A primeira legislação com esse foco foi a Portaria nº 100/80 do extinto Ministério do Estado do Interior (MINTER), que estabeleceu os limites de emissão para fumaça preta para veículos movidos a diesel (BRASIL/MINTER, 1980).

Desde 1986, vem sendo implementado o PROCONVE, pela Resolução

CONAMA 18/86 que se constitui em um amplo programa de redução de emissões de poluentes por veículos automotores, o que levou à atualização tecnológica dos motores fabricados e utilizados no Brasil (BRASIL, 1986). Posteriormente, foi publicada a Resolução do CONAMA 03/90 que dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previsto no PRONAR (BRASIL, 1990).

Segundo a resolução do CONAMA nº 418/2009, em seu artigo 5º e §2º "fica facultado aos municípios com frota inferior a três milhões de veículos a elaboração de seus próprios Planos de Controle de Poluição Veicular (PCPV) " (BRASIL, 2009). Visto que Natal e sua Região Metropolitana não se enquadram na obrigatoriedade de cumprir com esta resolução, o município ainda não tomou medidas espontâneas para realizar aferições de sua frota veicular e, assim, controlar e fiscalizar a emissão de poluentes por veículos automotores. Este quadro ainda persiste, pois não há políticas públicas que estimulem o PCPV.

Outros centros urbanos brasileiros, de maior densidade demográfica como São Paulo, Rio de Janeiro, Campinas, Belo Horizonte, possuem um índice de poluição atmosférica acima do que é recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), segundo relatórios nacionais de emissões atmosféricas, trazendo prejuízos para a saúde humana, para o patrimônio material e para a fauna e flora locais, além dos prejuízos econômicos que estes trazem (MCT, 2010; MMA, 2011; ANTT, 2012; CETESB, 2015). Tal quadro de poluição atmosférica se deve principalmente às emissões veiculares, seguido de indústrias (OMS, 2014).

Algumas cidades brasileiras possuem programas e estações de monitoramento da qualidade do ar, de modo que todos os estados da região sudeste possuem Monitoramento e inventário de emissões atmosféricas. (ALVES et al, 2014). Como no Rio Grande do Norte, pelo seu contexto populacional, não existe a obrigatoriedade legal de se possuir um PCPV, apenas a frota de ônibus urbano, semiurbano e rodoviário é monitorada, além de alguns caminhões, por iniciativa das empresas proprietárias dos veículos.

Diante desse quadro, a Confederação Nacional do Transporte – CNT lançou em 2007 o Programa Ambiental do Transporte (DESPOLUIR), cujo objetivo é promover o engajamento de empresários, caminhoneiros autônomos, taxistas, trabalhadores em transporte e da sociedade para a construção de um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Esse Programa tem por objetivo promover – através da aferição veicular – a

redução da emissão de poluentes visando à melhoria da qualidade do ar e do uso racional de combustíveis. Tal aferição das emissões atmosféricas é feita com base nos padrões estabelecidos pelo Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), criado pelo CONAMA (DESPOLUIR, 2014).

O Programa Despoluir é coordenado pela Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Nordeste (FETRONOR), abrangendo os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, de modo que, continuamente, os veículos de mais de 100 empresas sediadas nestes estados e que participam ativamente do programa ambiental, são vistoriados por equipamentos de alta precisão digital na detecção de desregulagens e medição dos níveis de emissão de gases e particulados (DESPOLUIR, 2014)

Como resultado deste programa, em 10 anos de atuação, a frota de ônibus analisada saltou de 44,08% em 2007 para 94% ao final de 2016 em aferições relacionadas ao índice de emissão de material particulado dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA (FETRONOR, 2014). Esta melhoria se deu em função dos responsáveis pelo transporte urbano passarem a ter o conhecimento a respeito da quantidade de emissão de poluentes atmosféricos de sua frota, sendo alertados sobre as possíveis causas que provocam maior quantidade de emissões. Entre estas causas estão a idade do motor (quanto mais antigo, mais poluentes são emitidos), o tipo de combustível e a periodicidade de manutenção.

Existem poucos trabalhos publicados a respeito da realidade das emissões atmosféricas por ônibus urbanos, semiurbanos e rodoviários no RN. Uma pesquisa de Brito (2005) analisou os níveis de emissões de gases gerados por veículos automotores convertidos a bicombustíveis nas modalidades gás natural, gasolina e álcool em Natal. Foi uma pesquisa mais voltada para as emissões devido aos diferentes combustíveis e sua performance. Outra pesquisa foi conduzida por Albuquerque (2013), para a determinação da concentração de metais no material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$) do ar atmosférico em uma área urbana da cidade do Natal-RN, não relacionada a emissões especificas de veículos automotores.

Estudos de estimativas das emissões de poluentes atmosféricos de origem veicular, bem como as estratégias para o controle destas emissões na cidade de Natal foram realizados por Tavares *et al.* (2008) e Tavares, Ferreira (2012).

Outro estudo foi realizado por Duarte (2016) com o objetivo de elaborar uma caracterização química de aerossóis atmosféricos sólidos finos ($MP_{2.5}$) na cidade de

Natal/RN e concluiu que diversos componentes são de origem antropogênica de acordo com o fator de enriquecimento, sendo Na, Mg, Sn, Zn, Al, Fe e Ti proveniente de fontes naturais.

Diante desta realidade observada surgiu a problemática que norteia este trabalho: como os dados sobre as aferições das emissões pela frota de transporte urbano de Natal podem servir de subsídios para ações ambientais e para a elaboração de novas políticas públicas voltadas para o controle de emissões e melhoria da qualidade ambiental?

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é avaliar as atividades do Programa Despoluir e suas implicações na redução das emissões atmosféricas de CO_2 entre 2010 e 2014, na Região Metropolitana de Natal.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) analisar o histórico das reduções do consumo de combustíveis e de emissões atmosféricas ocasionadas pela atividade do Programa Despoluir e,
b) Estimar as emissões de CO_2 da frota analisada ao longo dos anos.

1.3 JUSTIFICATIVA

As emissões das frotas veiculares nas grandes cidades e seus efeitos na qualidade do ar tem sido motivo de grande preocupação das autoridades e população em geral. De acordo com Colvile *et al.* (2001) em muitas cidades da Europa Ocidental, por exemplo, tem sido adotadas medidas locais de redução de tráfego. Nos países em desenvolvimento e Europa Oriental, no entanto, continua a existir a possibilidade de um considerável aumento na propriedade e uso de automóveis o que acentua os problemas de poluição do ar relacionados com os transportes rodoviários (PETROA, KONEČNÝA, 2017).

O inventário de emissões pelo transporte urbano tem sido realizado por

diferentes pesquisadores em vários lugares do mundo. Fameli e Assimakopoulos (2015) investigaram as emissões na cidade de Atenas, área mais populosa da Grécia, que enfrenta graves problemas de poluição do ar devido à combinação de altas emissões de tráfego rodoviário, topografia complexa e condições meteorológicas locais. Apesar deste conhecimento pelas autoridades locais, ainda não foi encontrada uma solução para o problema.

Ramachandra e Shwetmala (2009) realizaram uma pesquisa a respeito das emissões atmosféricas nos transportes marítimo, ferroviário, aéreo e rodoviário, que utilizam diferentes tipos de combustíveis, nas grandes cidades da India. O intuito da pesquisa foi oferecer subsidios para a implementação de tecnologias e políticas adequadas para a mitigação da poluição do ar. Observaram que um dos principais causadores das emissões no transporte indiano foi o setor rodoviário. Conclusões parecidas com a pesquisa realizada por Nesamani (2010) e Petroa, Konečnýa (2017), também relacionada as emissões atmosféricas pelo transporte rodoviário.

Dados precisos sobre as emissões atmosféricas respaldam a tomada de decisões pelo poder público no sentido de elaborar estratégias para a melhoria da qualidade do ar para a população e seu entorno. A lei 12.587/2012 que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, afirma em seu Art. 23, que os entes federativos podem utilizar, dentre outros instrumentos de gestão do sistema de transporte e da mobilidade urbana, a estipulação de padrões de emissão de poluentes para locais e horários determinados, além de estimular o monitoramento e controle das emissões dos gases de efeito local e de efeito estufa dos modos de transporte motorizado, facultando a restrição de acesso a determinadas vias em razão da criticidade dos índices de emissões de poluição (BRASIL, 2012).

Já o Ministério das Cidades, que trata da mobilidade urbana e faz a contextualização com a poluição das cidades, estimula acordos, propostas e políticas voltadas para esta área. Porém, para que se tenha uma melhoria na mobilidade urbana, são necessárias políticas públicas que estimulem o cidadão a utilizar o transporte público urbano, bem como garantir que estes estejam dentro dos padrões e limites estabelecido de emissão de poluentes.

Para que o poder público, o meio acadêmico e o meio empresarial possam iniciar trabalhos, projetos, metas e mudanças relacionadas à qualidade do ar na região metropolitana de Natal, é necessário que se tenha em mãos dados e ferramentas que oriente nas tomadas de decisões, podendo assim melhorar a qualidade de vida das

pessoas que vivem no meio urbano.

As emissões de poluentes causam uma gama de prejuízos sanitários, ambientais, de saúde e, portanto, sociais e econômicos. Sendo assim, a temática do aquecimento global e o contexto do ganho de créditos de carbono, via projetos tipo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), subsidiam um incentivo positivo, de modo que os estudos que possibilitem mitigar tais emissões e consequentes prejuízos são estimulados no meio acadêmico, científico, econômico e ambiental.

Neste contexto entendemos a necessidade de estudos e adoção de medidas direcionadas a melhoria da qualidade do ar na Região Metropolitana de Natal-RN, uma vez que é possível observar um incremento nas emissões veiculares devido ao aumento da frota.

A partir da análise das emissões de CO_2 pela frota de ônibus da região metropolitana na cidade do Natal, será possível informar à sociedade sobre possíveis impactos provocados pelas mesmas, bem como gerar resultados que subsidiarão ações de gestão e controle que visem à melhoria ou a manutenção da qualidade do ar.

Acreditamos que este estudo traga relevantes contribuições acadêmicas e epistemológicas para diferentes setores da sociedade brasileira e, especialmente, na sociedade potiguar no sentido de despertar significativas reflexões nas políticas públicas no que tange aos mecanismos de combate e controle de poluentes do ar na cidade do Natal/RN.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo trata da introdução onde são apresentados a problemática que norteia a pesquisa, os objetivos e a justificativa do estudo. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico sobre as emissões atmosféricas. O terceiro discorre sobre a metodologia utilizada para a obtenção dos dados. O quarto capítulo revela e discute os dados e o quinto refere-se as considerações finais e conclusões do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A atmosfera da Terra tem uma composição básica formada por diferentes gases como o hidrogênio e o nitrogênio. Existe também material sólido disperso como poeira, pólens e outros materiais particulados, além de vapor de água (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2004).

Porém, ao longo do tempo, em virtude da crescente poluição, esta atmosfera vem sofrendo alterações substanciais em sua composição devido às ações antrópicas. Neste sentido, vem aumentando a preocupação da população e dos governos sobre os efeitos causados a saúde e ao meio ambiente, pela exposição à poluição do ar, principalmente nos grandes centros urbanos. Esta não é uma preocupação recente. De acordo com Colvile *et al.* (2001), nas décadas de 1960 e 1970, na Europa, a grande fonte de poluição do ar era relacionada à queima do carvão para fornecer energia para as residências. Com o tempo, o carvão foi substituído pelo gás, melhorando assim a qualidade do ar, passando a impressão geral que o problema havia sido resolvido.

Com a urbanização, o crescimento populacional e o aumento das frotas veiculares que utilizam os combustíveis fósseis não renováveis, a poluição tem aumentado em níveis alarmantes (COLVILE *et al.* 2004; COSTABILE, ALLEGRINI, 2008; RAMACHANDRA e SHWETMALA, 2009).

2.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Existem várias discussões a respeito da poluição atmosférica ou poluição do ar. Parece ser consenso que a poluição atmosférica se configura como sendo a alteração da qualidade do ar a níveis danosos para saúde e bem-estar da vida ou para o patrimônio material. De acordo com a Resolução CONAMA nº 3 de 1990 define que os padrões de qualidade ar como as “concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral” (BRASIL, 1990, p. 1)

A resolução do CONAMA 05/89 classifica os padrões de qualidade do ar em primário e secundário, onde os Padrões Primários consistem nas concentrações de poluentes que poderão afetar a saúde da população se forem ultrapassados, sendo

os níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos e os Padrões Secundários são as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo. (BRASIL, 1989)

Mendes (1993, p. 28) define a poluição do ar como sendo a “presença de um ou mais contaminantes da natureza, em quantidades que podem comprometer a qualidade atmosférica, tornando o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde” e, assim, torna-se prejudicial ao bem-estar público, causando danos aos materiais, à fauna e à flora.

A poluição atmosférica é ainda definida pela legislação brasileira, em termos gerais pela Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981, no art.3°, III, como sendo:

> A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente a) prejudiquem a saúde, a segurança, o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981, p.1).

Diversas substâncias tóxicas são emitidas para a atmosfera em decorrência do uso de veículos automotivos que, em contato com o sistema respiratório humano, podem gerar efeitos adversos sobre a saúde. Estudos apontam que os principais poluentes provenientes da frota veicular são compostos por gases como: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SOx), material particulado (MP), etc. (BRITO, 2005; RAMACHANDRA e SHWETMALA, 2009; BOYCHUK, 2012; CETESB, 2015). E, tais poluentes tem origem da própria natureza, bem como da ação do homem sobre a natureza.

2.2 FONTES DE POLUIÇÃO DO AR E TIPOS DE POLUENTES

A poluição atmosférica pode ocorrer através de emissões naturais, como as exalações por processos vulcânicos, decomposições de animais e vegetais, incêndios naturais e outros, mas pode ocorrer também por fontes antropogênicas. De acordo

com Rhind (2009), a poluição antropogênica não é nova - os seres humanos contribuíram desde que aprenderam a controlar o fogo. No entanto, a natureza e a distribuição de contaminantes no ambiente mudaram na história recente à medida que novos compostos foram criados.

A contaminação atmosférica é uma mistura da emissão de poluentes de diversas fontes que vão desde chaminés industriais e veículos automotores ao uso individual de materiais de limpeza e pinturas domésticas. Os poluentes, incluindo materiais orgânicos sintéticos e metais pesados, são conhecidos por afetar adversamente os sistemas fisiológicos em todas as espécies animais (ZHITENKO, KISELEVA, KHOMUTOVA, 2016).

Para que se possa combater a poluição atmosférica torna-se necessário ter conhecimento da fonte desta poluição e, assim, adotar as medidas corretas e necessárias para diminuir as emissões diretamente na fonte.

Além da classificação de Sirkis (2010), a poluição atmosférica também pode ser classificada em fontes fixas ou móveis, dependendo dos processos liberadores dos poluentes no ar. As fontes fixas são aquelas que estão fixadas ao solo e que sempre emitem o poluente no mesmo local, como as indústrias, e as fontes móveis são aquelas que estão em constante movimento e emitem poluentes por onde se locomovem, como os veículos automotores e aviões (RHIND, 2009).

As fontes fixas são representadas principalmente pelas indústrias, contemplando as usinas termoelétricas, que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, bem como os incineradores de resíduos, com elevado potencial poluidor. Porém, as fontes fixas de poluição não são apenas de origem antrópica, existindo ainda as fontes fixas naturais, como maresia e vulcanismo, que também podem influenciar a composição do ar (SILVA NETO, *et al.*, 2014; ZHITENKO, KISELEVA, KHOMUTOVA, 2016).

As fontes móveis compreendem os meios de transporte, sendo principalmente representados pelos veículos automotores, como carros, ônibus, caminhões e motocicletas, e também os trens, aviões e embarcações marítimas.

Os veículos se destacam nas cidades como uma das principais fontes poluidoras da atmosfera, chegando a corresponder a cerca de 20% das emissões globais de CO_2, que é um dos principais gases causador do efeito estufa, sem considerar a emissão de outros gases também nocivos ao meio ambiente (COLVILE, 2004; RHIND, 2009; NESAMANI, 2010).

Estudos sinalizam que o transporte motorizado à combustão responde por parte significativa das emissões de poluentes dos grandes centros urbanos, principalmente os originários da queima dos combustíveis fósseis (CARVALHO, 2011; FAMELI, ASSIMAKOPOULOS, 2015; DIVYA, 2016). Tal realidade se torna cada vez mais preocupante por ainda não se atingido mecanismos eficazes de combate, principalmente a própria conscientização da sociedade.

No Brasil, segundo informações do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o setor de transporte responde por cerca de 9% das emissões totais de CO_2, sendo que a agropecuária responde com mais de 70% delas (CNT, 2009). Em 2013, os dados publicados base nas estimativas de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, divulgadas pelo MCT (BRASIL, 2013), com dados de 2010, observa-se que o setor de transportes é o maior contribuinte nas emissões de CO_2 e representa 44.7 % das emissões (WALLERIUS, 2016). Esses dados demonstram que não é possível generalizar e indicar que uma determinada fonte de poluição do ar é mais importante, dependendo esta do contexto e de diversos outros fatores

A Resolução CONTRAN 340/2010, classifica os veículos conforme as seguintes denominações: Leve (correspondendo a ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo, quadriciclo, automóvel, utilitário, caminhonete e camioneta) e Pesado (correspondendo a ônibus, micro-ônibus, caminhão, caminhão-trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, motor-casa, reboque ou semirreboque e suas combinações) (CONATRAN, 2010).

Geralmente os veículos leves são abastecidos de gasolina, álcool, gás natural veicular (GNV) e óleo diesel como combustível, enquanto que os pesados são em quase sua totalidade abastecida com óleo diesel.

Veículos pesados são responsáveis pela maior fração das emissões de óxidos de nitrogênio e de enxofre, enquanto que os veículos leves, movidos a gasolina e a álcool, são os principais emissores de monóxido de carbono e hidrocarbonetos (TEIXEIRA, FELTES, SANTANA, 2008; DRUMM *et al.*, 2014).

Os veículos motorizados lançam para a atmosfera gases nocivos à saúde e que degradam o ambiente urbano, como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de enxofre (SOx) e de nitrogênio (NOx), além do material particulado (MP) e outras substâncias químicas como os hidrocarbonetos (HCs) oriundos da queima dos combustíveis fósseis (CARVALHO, 2011; DRUMM *et al.*, 2014).

As partículas de origem natural podem ser gotículas de água, pólens, vírus, bactérias, entre outros. Já as atividades humanas originam muitos MP, principalmente pelos processos de combustão e industriais e uso de veículos (ROCHA, ROSA, CARDOSO, 2004).

Fameli e Assimakopoulos (2015) realizaram uma pesquisa sobre emissões na cidade de Atenas, área mais populosa da Grécia, que enfrenta graves problemas de poluição do ar. Os autores obervaram que os veículos pesados foram os maiores responsáveis pelas emissões de NOx, $MP_{2,5}$ e MP_{10} com representatividade geral no universo da pesquisa de respectivamente 51,27%, 43,97% e 38,13%.

Albuquerque (2013) avaliou a qualidade do ar atmosférico de uma região da cidade do Natal-RN visando determinar a concentração de metais no Material Particulado (PM_{10} e $MP_{2,5}$). As maiores concentrações de metais foram para o Chumbo (Pb) e Cobre (Cu), sendo os valores médios em MP_{10} de respectivamente, 5,34 e 2,34 $ng.m^{-3}$ e nos $MP_{2,5}$ 4,68 e 2,95 $ng.m^{-3}$.

Somando-se ao processo de queima do combustível pelos veículos, o material também é lançado para a atmosfera através da emissão evaporativa de combustível devido ao seu aquecimento por exposição ao sol com o veículo estacionado, após o desligamento do motor, durante o seu movimento, por permeação em materiais poliméricos e durante o abastecimento (SZWARV *et al.,* 2014).

É possível perceber que diversos fenômenos nocivos ao meio ambiente (chuva ácida, efeito *smog*, efeito estufa) e também ao homem (doenças respiratórias, alergias e outros) estão associados à poluição atmosférica oriundo de veículos motorizados (COLVILE, *et al.*, 2004; DRUMM *et al.,* 2014; DAPPER *et al.*, 2016). Mas a poluição atmosférica não está somente associada a essas fontes, de maneira que outras também causam esses mesmos problemas.

Outra forma de classificar os poluentes é relacionada com a sua origem. Loureiro (2005) classificou os poluentes atmosféricos em dois grandes grupos: poluentes primários e poluentes secundários.

Os poluentes primários são aqueles emitidos diretamente pelas fontes emissoras. Entre eles se destacam o monóxido de carbono, o dióxido de enxofre e o NOx. Drumm *et al.*, (2014, p. 68) afirmam que estes poluentes podem, na baixa atmosfera, “sofrer transformações e reações fotoquímicas dando origem a poluentes denominados secundários”. De acordo com Rocha, Rosa e Cardoso (2004, p.71), as ações antrópicas interferem globalmente no ciclo do carbono “adicionando

quantidades significativas de CO_2 na atmosfera quando utiliza qualquer combustível contendo carbono proveniente de fonte não renovável".

Uma vez que os poluentes primários são lançados na atmosfera, inicia-se um processo complexo de dispersão dos poluentes e de transformações químicas que geram novos poluentes. Divya *et al.,* (2016) afirmam que as emissões afetam não apenas a região em que elas ocorrem, mas que elas também são susceptíveis de influenciar outras regiões do globo com mudanças significativas na estrutura química da atmosfera tropical.

Como a formação de poluentes secundários, tais como o ozônio, não é imediata e ocorre à medida que as massas de ar se deslocam, é normal que concentrações elevadas destes poluentes atinjam áreas mais afastadas das fontes de emissão que os poluentes primários (LOUREIRO, 2005); DRUMM *et al.,* 2014). O conhecimento da estrutura da emissão e da localização das principais fontes, bem como os absorvedores, facilita muito o processo de tomada de decisão, no que diz respeito à redução de emissões (BOYCHUK *et al.,* 2012).

2.3 GASES DE EFEITO ESTUFA

O problema da emissão dos gases de efeito estufa pelos veículos automotivos é reconhecido mundialmente. De acordo com Souza, Silva e Justina (2016) as discussões que envolvem a qualidade ambiental congregam não apenas órgãos de proteção, mas também comunidades acadêmicas e científicas, em organizações não governamentais e principalmente na Organização das Nações Unidas (ONU). Os debates e resoluções sobre a emissão de gases poluentes na atmosfera visam não apenas o aquecimento global, mas também sua influência na saúde pública e no patrimônio material.

Ainda de acordo com a pesquisa desses estudiosos, considerando a escala mundial o Brasil é o quarto colocado no ranking dos países que mais emitem gases de efeito estufa (GEE) e por isso a necessidade de se combater a poluição atmosférica. Como revela Wallerius (2016), a preocupação com ela ganhou força com a implementação da Política Nacional do Meio Ambiente e definição das competências do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nas quais estão o estabelecimento de normas e padrões de controle da poluição de veículos automotores.

Salienta-se que foi com o CONAMA, por meio da Resolução nº 18 de 1986, que se instituiu o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE em âmbito nacional, que dentre suas metas, inclui o desenvolvimento e a implantação de um Programa de Inspeção e Manutenção dos Veículos em Uso (BRASIL, 1986).

Bento *et al.* (2012) considera que a queima de combustíveis fósseis em todo o mundo é a principal causa das emissões de dióxido de carbono (CO_2), um dos principais gáses de efeito estufa. Como consequência disso, retêm raios infravermelhos fato que contribui para o aumento do efeito estufa e o aquecimento da atmosfera mundial (COLVILE *et al.* 2004; COSTABILE, ALLEGRINI, 2008; CARVALHO, 2011; BOYCHUK *et al.* 2012; DIVYA *et al.* 2016; WALLERIUS, 2016).

Além de trazer prejuízos para o meio, o CO_2 acarreta, diretamente, problemas para a vida humana. De acordo com Bento *et al.* (2012), esse gás é considerado um dos mais perigosos tóxicos respiratórios para o homem, pois possui propriedades – não possui cor, cheiro, nem causa irritação – que não permitem que os sentidos o captem.

Estudos revelam que os veículos de transporte contribuem para o aumento da poluição (BOVY, 1990; BUTTON, 1993; LITMAN, 1996; RIBEIRO E MATTOS, 2005).

Compactuando com essa ideia, Parada, Fabiani, Velasquez (2012), relatam que aferições realizadas em São Paulo indicam que os veículos movidos a diesel são responsáveis por 32% das emissões veiculares de Hidrocarbonetos (HC), 25% de CO, 32% de particulados e 48 % de SOx.

De acordo com Bento *et al.* (2012) a questão da desinformação sobre o veículo e o seu funcionamento também podem ser consideradas causas para o crescente nível de poluição atmosférica, uma vez que a utilização dos veículos sem a devida manutenção do motor acarreta numa maior emissão de poluentes.

Vários estudos avaliaram ou identificaram estratégias de reduzir as emissões de poluentes atmosféricos no transporte rodoviário. A alternativa que mais se torna presente é a substituição dos combustíveis mais poluentes, como o diesel e a utilização de combustíveis alternativos, como, etanol, biodiesel ou GNC (BARTH, BORIBOONSOMSIN, 2008, 2009a; YANG *et al.*, 2009; GRAHAM *et al.*, 2008; DAVIS *et al.*, 2005; MAIMOUN *et al.,* 2013; NORGATE, HAQUE, 2013). A segunda alternativa para diminuição dessas emissões consiste na redução da demanda por veículos, seja por reestruturação do uso do solo, como no caso do trabalho de Yang *et al.* (2009),

ou pelo uso de novas tecnologias, tais como o Painel Intergovernamental para a Mudança do Clima (IPCC) e triagem, como proposto por Norgate e Haque (2013).

Nos trabalhos de Graham *et al.* (2008) e de Davis *et al.* (2005), também é analisada e sugerida a utilização de veículos com tecnologia atualizadas, com o uso de melhores sistemas de pós-tratamento e controle das emissões. Tanto na pesquisa de Davis *et al.* (2005) quanto na de Barth e Boriboonsomsin (2008), são analisadas as estratégias de potencialização do fluxo de veículos nas rotas urbanas com o objetivo de reduzir os impactos do congestionamento de veículos para as emissões atmosféricas.

2.4 AFERIÇÕES VEICULARES

Segundo Jacondino & Cybis (2003), a obtenção de aferições confiáveis de fatores de emissão é um processo complexo e, portanto, de alto custo. Em razão disso, poucos experimentos confiáveis e que condizem com a realidade são realizados. Ainda de acordo com os autores, isso se deve ao fato de que normalmente poucos veículos são testados e, quando o são, o teste ocorre sob condições bastante limitadas, seja em laboratório, seja em situações reais de tráfego.

Jacondino & Cybis (2003) chamam atenção também para o fato de que nesses estudos não é dada a atenção adequada às características operacionais dos veículos e frotas, como a condução dos veículos, as ações e preparo do motorista e estratégias de barreiras de controle de emissões. Sendo assim, os inventários e modelos de emissão, em regra, fundamentam seus parâmetros em valores obtidos quando o conjunto motor/catalisador já está aquecido, o que configura a condição mais favorável quanto à emissão de poluentes.

Dois fatores devem ser observados quanto à metodologia de coleta de dados com o motor quente. O primeiro fator diz respeito às condições reais de funcionamento do motor, uma vez que os ônibus rodam sempre com o motor quente, esfriando apenas quando o mesmo retorna para a garagem. A outra é que, segundo Aguiar et. al (2014), se refere às aferições realizadas com o motor quente, quando há uma redução nos níveis de emissão, de poluentes, não contabilizando os poluentes emitidos para a atmosfera quando o motor se encontra frio, pois os veículos automotivos emitem poluentes mesmo sem executar um ciclo de condução, ou seja, emitem poluentes apenas ao dar a partida no motor, estando ele quente ou frio.

2.5 PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES (PROCONVE)

A proteção da qualidade do ar é uma das preocupações das sociedades contemporâneas. O padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente gasoso presente na atmosfera de modo a garantir a proteção da saúde, do bem-estar das pessoas e do meio ambiente.

Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada. O padrão de qualidade do ar é entendido como sendo o nível máximo de concentração de um poluente na atmosfera, permitido por uma autoridade regulatória. Ou, ainda, como sendo a referência quantitativa dos níveis máximos de contaminação, coerentes com os riscos tidos como aceitáveis para a proteção da saúde e do meio ambiente (LISBOA E KAWANO, 2007; DERÍSIO, 2012).

Pode-se verificar que muitos programas de controle de poluição do ar vêm sendo adotados em vários países e estão sendo capazes de, ao menos, diminuir a taxa de aumento da concentração dos principais poluentes (RAMACHANDRA e SHWETMALA, 2009; NESAMANI, 2010; PETROA, KONEČNÝA, 2017).

A Resolução nº 18 do CONAMA de 1986, criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, coordenado pelo IBAMA, e tem por objetivo dentre outros, reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores visando o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos. Esse programa veio definir os primeiros limites de emissão para veículos leves, e contribuir para o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar instituídos pelo PRONAR (BRASIL, 1986).

Para reduzir os níveis de emissão de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, fuligem, material particulado e outros compostos poluentes nos veículos comercializados no Brasil, foi aprovada a Lei nº 8.723/1993, que endossou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados passassem a atender aos limites estabelecidos (BRASIL, 1993).

O cumprimento dessas exigências é aferido por meio de ensaios padronizados em dinamômetro e com “combustíveis de referência”. Além disso, o PROCONVE também impõe a certificação de protótipos e o acompanhamento estatístico em veículos na fase de produção (ensaios de produção), a autorização do IBAMA para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento ou reparo de veículos e motores encontrados em desconformidade com a produção ou projeto, e a proibição da comercialização de modelos de veículos não homologados (BRASIL, 1986).

Esse controle fica estabelecido por este Programa que se dá a partir da classificação dos veículos em razão de seu Peso Bruto Total - PBT, sendo que as fases caracterizadas por "L” para veículos leves e "P” para veículos pesados, e vem sendo implantado segundo cronogramas diferenciados.

A fase “P” conta com 7 subfases, sendo elas de P-1 a P-7, de modo que cada uma implementou, gradativamente, uma exigência nova, a fim de atingir os objetivos propostos pelo programa, como pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2 - Fases do PROCONVE e respectivas exigências.

Fase	Implantação	Característica / inovação
P-1 e P-2	1990-1993	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). Nesse período, os limites para emissão gasosa (fase P-1) e material particulado (fase P-2) não foram exigidos legalmente.
P-3	1994-1997	O desenvolvimento de novos modelos de motores visou a redução do consumo de combustível, aumento da potência e redução das emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) por meio da adoção de *intercooler* e motores turbo. Nesta fase se deu uma redução drástica das emissões de CO (43%) e HC (50%).
P-4	1998-2002	Reduziu ainda mais os limites criados pela fase P-3.
P-5	2003-2008	Teve como objetivo a redução de emissões de material particulado (MP), NOx e HC.
P-6	2009-2011	Em janeiro de 2009 deveria ter se dado o início à fase P-6, conforme Resolução CONAMA nº 315/2002, e cujo objetivo principal, era a redução de emissões de material particulado (MP), NOx e HC.
P-7	2012 – Atual	Para serem atendidos, os novos limites de emissões da P7 exigem, além de modificações nos motores, novos sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento e diesel com reduzido teor de enxofre. Traz redução de 60% de óxido de nitrogênio (NOx) e de 80% das emissões de material particulado (MP) em relação à fase P-6. Se comparada com o início do Proconve, em 1986, a redução de material particulado da nova fase é de 96,3% e a de NOx, de 87,3%.

Fonte: ANFAVEA (2012)

Além disto, foi estipulado um limite para as emissões de poluentes nas diferentes fases do programa, como pode ser observado na tabela 3.

Tabela 3 - Limite de emissão de poluentes de acordo com a fase do PROCONVE.

Poluentes / limites de emissão				
Fase	**CO (g/kW.h)**	**HC (g/kW.h)**	**NOx (g/kW.h)**	**MP (g/kW.h)**
P-1	14,00	3,50	18,00	–
P-2	11,20	2,45	14,40	0,60
P-3	4,90	1,23	9,00	0,40
P-4	4,00	1,10	7,00	0,15
P-5	2,1	0,66	5,00	0,10
P-6	1,5	0,46	3,5	0,02
P-7	1,3	N.A.	2,0	0,02

* Fonte: ANFAVEA (2012)

A partir dos resultados alcançados nesse período de 23 anos de sua criação, é possível visualizar que os resultados alcançados pelo PROCONVE têm mostrado êxito em sua estratégia de implantação uma vez que se tem adotado medidas cada vez mais restritivas, o que o torna um programa bem-sucedido (BRASIL, 1986; MENDES, 2004).

Os dados apontam que em 1986 os veículos leves emitiam, em média, cerca de 50g/Km de CO (seu principal poluente). Com o programa, foi definida uma redução em 50 % dessa concentração em 50% dos veículos novos fabricados no país.

A redução da concentração de enxofre presente no combustível constituía uma condição básica para o atendimento dos limites estabelecidos na fase P-6 do PROCONVE, uma vez que a formação de compostos de enxofre na combustão contribui para o denominado "envenenamento" do catalisador, não propiciando o bom funcionamento do mesmo na redução das emissões de NOx e HC (MENDES, 2004).

Desta forma, procedeu-se em 2005 à especificação do diesel em 2.000 ppm (partes por milhão) de enxofre como limite máximo para este combustível a ser comercializado no interior (denominado "diesel S 1800") e de 500 ppm de enxofre para o diesel comercializado nas regiões metropolitanas (denominado "diesel S 500"). Isso propiciou uma redução expressiva das emissões de enxofre nestes últimos anos, com a concentração de enxofre no diesel passando de 13.000 ppm para 500 ppm (PROCONVE, 2010).

Pesquisas apontaram que as indústrias automobilísticas e de combustíveis tiveram até o ano de 2016 para se adaptarem às novas normas técnicas, disponibilizando no mercado brasileiro diesel e motores nos padrões que já são adotados na Europa, onde os veículos movidos a diesel emitem uma quantidade de enxofre até 200 vezes menor do que é lançado pelos ônibus e caminhões brasileiros. Com a mudança que cria a fase P-7 a expectativa é de redução ainda maior das emissões (MENDES, 2004; PROCONVE, 2010).

Nesta direção, a Confederação Nacional do Transporte – CNT lançou um programa denominado Despoluir, cujo objetivo é promover a melhoria na qualidade ambiental, atuando junto aos empresários, transportadores e outros usuários do setor de transporte. O programa é estruturado em dois grupos de projetos. Um deles é voltado para a redução da emissão de poluentes pelos veículos e o outro grupo voltado para ações de cidadania para o meio ambiente. (DESPOLUIR, 2007).

A Federação de empresas de transporte do Nordeste – FETRONOR é a responsável pelo gerenciamento do programa Despoluir nos estados do RN, PB, PE e AL, e, desde de 2007 são realizadas aferições de emissões de poluentes do ar.

2.6 FROTA DE VEÍCULOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL

De acordo com os dados do Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN/RN), de 1992 a 2010 a frota potiguar cresceu 526,81%, tendo um aumento de 121.557 veículos em 1992 para mais de 760 mil veículos em 2010. O ano de 2014 foi encerrado em Natal com um aumento de veículos de 41,04% comparado com 2010, e em todo o estado o crescimento foi de 42,51% nesse período. Em 2010 eram 730.807 veículos emplacados no RN, em contraste com os 1.112.028 no início de 2016 (DETRAN/RN, 2016).

No RN, a frota de ônibus em janeiro de 2016 era de 6.472 veículos, sendo que 2.571 (39,72%) se encontram no município de Natal. Somando a frota dos doze municípios da região metropolitana de Natal, tem-se por volta de 60% da frota do RN. Os outros 40% estão distribuídos nos demais municípios do estado (DETRAN, 2016) como mostrado na tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição da frota do Rio Grande do Norte, segundo o tipo de veículo em 01/2016

TIPO	ESTADO	%	NATAL	%
AUTOMOVEL	488.775	43,95	213.735	43,73
CAMINHAO	30.385	2,73	6.952	22,88
CAMINHAO TRATOR	3.032	0,27	775	25,56
CAMINHONETE	67.035	6,03	22.501	33,57
CAMIONETA	34.688	3,12	17.320	49,93
CICLOMOTOR	3.982	0,36	1.349	33,88
MICROONIBUS	4.741	0,43	1.308	27,59
MOTOCICLETA	390.116	35,08	85.089	21,81
MOTONETA	53.158	4,78	5.154	9,70
MOTOR-CASA	35	0,00	23	65,71
ONIBUS	6.472	0,58	2.571	39,72
REBOQUE	12.273	1,10	4.772	38,88
SEMI-REBOQUE	4.751	0,43	1.484	31,24
SIDE-CAR	39	0,00	23	58,97
TRATOR DE RODAS	110	0,01	70	63,64
TRATOR ESTEIRAS	9	0,00	9	100,00
TRATOR MISTO	5	0,00	1	20,00
TRICICLO	517	0,05	169	32,69
UTILITARIO	11.905	1,07	7.726	64,90
TOTAL	1.112.028	100,00	371.031	33,37

Fonte: adaptado de DETRAN-RN (2016)

Verifica-se na tabela 4, que cerca de 44% da frota do RN é composta por automóveis, seguido das motocicletas, com cerca de 35%. Os ônibus são apenas 0,58% da frota de todo o RN, porém 40% dessa frota está na capital, Natal como pode ser observado na tabela 5, que traz a relação da frota de ônibus na RMN com os respectivos dados percentuais.

Tabela 5 - Distribuição da frota de ônibus na região metropolitana de Natal e sua porcentagem relacionada à frota do RN.

MUNICÍPIO	FROTA DE ÔNIBUS	% NO RN
NATAL	2.571	39,72
PARNAMIRIM	422	6,52
SÃO GONÇALO DO AMARANTE	297	4,59
MACAÍBA	85	1,31
CEARÁ-MIRIM	139	2,15
SÃO JOSÉ DO MIPIBU	59	0,91
EXTREMOZ	41	0,63
VERA CRUZ	23	0,36
MONTE ALEGRE	31	0,48

NISIA FLORESTA	51	0,79
MAXARANGUAPE	9	0,14
IELMO MARINHO	26	0,40
TOTAL	3.754	58

Fonte: Adaptado DETRAN-RN (2016)

Na tabela 5 é possível observar que grande parte da frota de ônibus do RN está concentrada nos municípios de Natal, Parnamirim e São Gonçalo do Amarante, sendo os municípios mais populosos da região metropolitana de Natal. E, sendo assim, acreditamos que esses municípios devem ser acompanhados, mais sistematicamente, pelos órgãos controladores de emissores de poluentes no estado do Rio Grande do Norte. Para isso, tornou-se necessário a criação e aprovação de leis que visam estabelecer possíveis parâmetros mínimos das emissões de poluentes no ar e poder controlá-los para beneficiar a vida da população, as quais passaremos a apresentar.

2.7 LEGISLAÇÃO REFERENTE ÀS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

De uma forma geral, as leis são criadas para respeitar os direitos dos cidadãos e trazer garantias de qualidade de vida e a saúde da sociedade. No que se refere as leis que tratam da emissão dos poluentes do ar, o Brasil foi o primeiro país na América do Sul a adotar uma legislação destinada a reduzir as emissões veiculares e tem se empenhado em estabelecer leis que amparem as medidas de controle da poluição veicular (LOUREIRO, 2005).

A legislação federal brasileira que regulamenta a qualidade do meio ambiente, relacionando-a com a poluição do ar, das águas e do solo, teve início com o Decreto Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais (BRASIL, 1975).

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelece a política nacional do meio ambiente, detalhando seus fins e mecanismos. Esta lei surgiu como uma resposta brasileira às resoluções, indicações e pressões decorrentes da Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente, realizados em Estocolmo em 1972. A partir desse período, os organismos multilaterais de financiamento, como o Banco Mundial (BIRD) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), passaram a exigir que a componente ambiental integrasse os estudos de viabilidade

de empreendimentos de infraestrutura e de produção (BRASIL, 1981; PEREIRA JR, 2007).

A Lei nº 6.938/1981 define poluição como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos e o poluidor é definido como a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental (BRASIL, 1981).

Esta lei atribui ao Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – entre outras, a competência para estabelecer, privativamente, normas e padrões nacionais de controle da poluição por veículos automotores, aeronaves e embarcações, mediante audiência dos Ministérios competentes e para estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos (PEREIRA JR, 2007).

Com base nas competências a ele atribuídas pela Lei nº 6.938/1981, o CONAMA estabeleceu, por meio de resoluções, as normas para o controle da emissão de poluentes do ar por fontes fixas e móveis, de modo que nestes últimos são enquadrados os veículos automotores (BRASIL, 2009).

A Constituição de1988 incorporou o conteúdo da Lei nº 6.938/1981 e efetuou a divisão de competências legislativas e administrativas dos entes da Federação. Estabelece, assim, como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” (art. 22, inciso VI) e que compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre “florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição” (art. 24, inciso VI) devendo, na legislação concorrente, a União limitar-se ao estabelecimento de normas gerais (BRASIL, 1988; PEREIRA JR, 2007).

O artigo 225 da Constituição Federal, parágrafo 3º prevê que “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da

obrigação de reparar os danos causados” (BRASIL, 1988).

A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, conhecida como a lei dos crimes ambientais, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Nela, foram consolidadas todas as infrações e sanções previstas na legislação ambiental federal, de modo que se passa a considerar a poluição atmosférica como crime, devendo haver a penalização daquele que a praticar (BRASIL, 1998; PEREIRA JR, 2007).

No que diz respeito à legislação referente à emissão de poluentes por fontes móveis, o estabelecimento de metas para a redução da emissão de gases e materiais particulados (fuligem e gotículas oleosas) por fontes móveis no Brasil, constituídas por veículos automotores, iniciou-se em 1986, quando o CONAMA instituiu, por meio da Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE (BRASIL, 1986)

O objetivo do programa é reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores, visando o atendimento aos padrões de qualidade do ar, especialmente nos centros urbanos; promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso; promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores; estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados e, por fim, promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos, postos à disposição da frota nacional de veículos automotores, visando a redução de emissões poluidoras à atmosfera (PROCONVE, 2010).

A Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que “dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências”, reproduziu as metas estabelecidas na Resolução 18/1986 do CONAMA, que alcançavam até o ano de 2002, e delegou ao próprio CONAMA a atualização e o estabelecimento de novas metas (BRASIL, 1993).

O controle da emissão de gases e materiais particulados poluentes por veículos automotores está previsto também no Código de Trânsito Brasileiro, instituído pela Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, da qual vale ressaltar os artigos 104 e 131:

> **Art. 104**. Os veículos em circulação terão suas condições de segurança, de controle de emissão de gases poluentes e de ruído avaliadas mediante inspeção, que será obrigatória, na forma e periodicidade estabelecidas pelo CONTRAN para os itens de segurança e pelo CONAMA para emissão de gases poluentes e ruído. **§ 5º** Será aplicada a medida administrativa de retenção aos veículos reprovados na inspeção de segurança e na de emissão de gases poluentes e ruído.
> **Art. 131**. O Certificado de Licenciamento Anual será expedido ao veículo licenciado, vinculado ao Certificado de Registro, no modelo e especificações estabelecidos pelo CONTRAN. **§ 3º** Ao licenciar o veículo, o proprietário deverá comprovar sua aprovação nas inspeções de segurança veicular e de controle de emissões de gases poluentes e de ruído, conforme disposto no art. 104. (BRASIL, 1997).

Para atualizar as metas do PROCONVE e atender ao disposto no artigo 104 do Código de Trânsito Brasileiro, o CONAMA expediu várias resoluções que podem ser observadas no quadro 1.

O Quadro 1 apresenta um resumo das resoluções do CONAMA relacionadas com a temática de controle de poluição por veículos automotores.

Quadro 1 - Resoluções do CONAMA

RESOLUÇÃO DO CONAMA	CONTEÚDO
Resolução CONAMA nº 8 de 1993	Complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.
Resolução CONAMA nº 16, de 1993	Ratifica os limites de emissão, os prazos e demais exigências contidas na Resolução CONAMA nº 018/86, que institui o Programa Nacional de Controle da Poluição por Veículos Automotores - PROCONVE, complementada pelas Resoluções CONAMA nº 03/89, nº 004/89, nº 06/93, nº 07/93, nº 008/93 e pela Portaria IBAMA nº 1.937/90; torna obrigatório o licenciamento ambiental junto ao IBAMA para as especificações, fabricação, comercialização e distribuição de novos combustíveis e sua formulação final para uso em todo o país.
Resolução CONAMA nº 16, de 1994	Fixa novos prazos para o cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA nº 008/93, que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.
Resolução CONAMA nº 27, de 1994	Fixa novos prazos para cumprimento de dispositivos da Resolução CONAMA nº 008/93, que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.
Resolução CONAMA nº 16, de 1995	Complementa a Resolução CONAMA nº 008/93, que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados, determinando homologação e certificação de veículos novos do ciclo Diesel quanto ao índice de fumaça em aceleração livre.

Resolução CONAMA nº 17, de 1995	Ratifica os limites máximos de emissão de ruído por veículos automotores e o cronograma para seu atendimento previsto na Resolução CONAMA nº 008/93 (art. 20), que complementa a Resolução nº 018/86, que institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados.
Resolução CONAMA nº 18, de 1995	Determina que a implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção para Veículos Automotores em Uso somente poderá ser feita após a elaboração de Plano de Controle de Poluição por Veículos em uso - PCPV - em conjunto pelos órgãos ambientais estaduais e municipais.
Resolução CONAMA nº 226, de 1997	Estabelece limites máximos de emissão de fuligem de veículos automotores.
Resolução CONAMA nº 251, de 1999	Estabelece critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento para avaliação do estado de manutenção dos veículos automotores do ciclo Diesel.
Resolução CONAMA nº 315, de 2002	Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares – PROCONVE.

Fonte: Adaptado de PEREIRA JR (2007)

Vê-se, portanto, que o controle da emissão de gases e material particulado poluente por fontes móveis (veículos automotores) está amplamente regulamentado pela legislação ambiental brasileira.

Desde 1986, o PROCONVE vem sendo implementado como um programa de redução de emissões de poluentes por veículos. A partir daí o Brasil vem se atualizando tecnologicamente para a fabricação dos motores e utilizados nacionalmente. Uma prova da eficácia do PROCONVE é que os veículos automotores fabricados a partir de 1993, ano em que começou a ser empregado no Brasil em grande escala o sistema de injeção eletrônica de combustíveis, conseguem emitir menos de um décimo de poluentes de seus similares fabricados na década de 1980.

Nesse sentido, a legislação brasileira cria condições legais para um controle e monitoramento a emissão de poluentes do ar, que pode garantir ao cidadão e aos grupos sociais uma qualidade de vida, porém o conjunto dessas leis precisam ser respeitadas e implementadas pelos os órgãos competentes.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa se configura como sendo do tipo quantitativa que, de acordo com Fonseca (2002, p. 20), “se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros”.

Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa enquadra-se como explicativa, que se preocupa em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2007). A identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado.

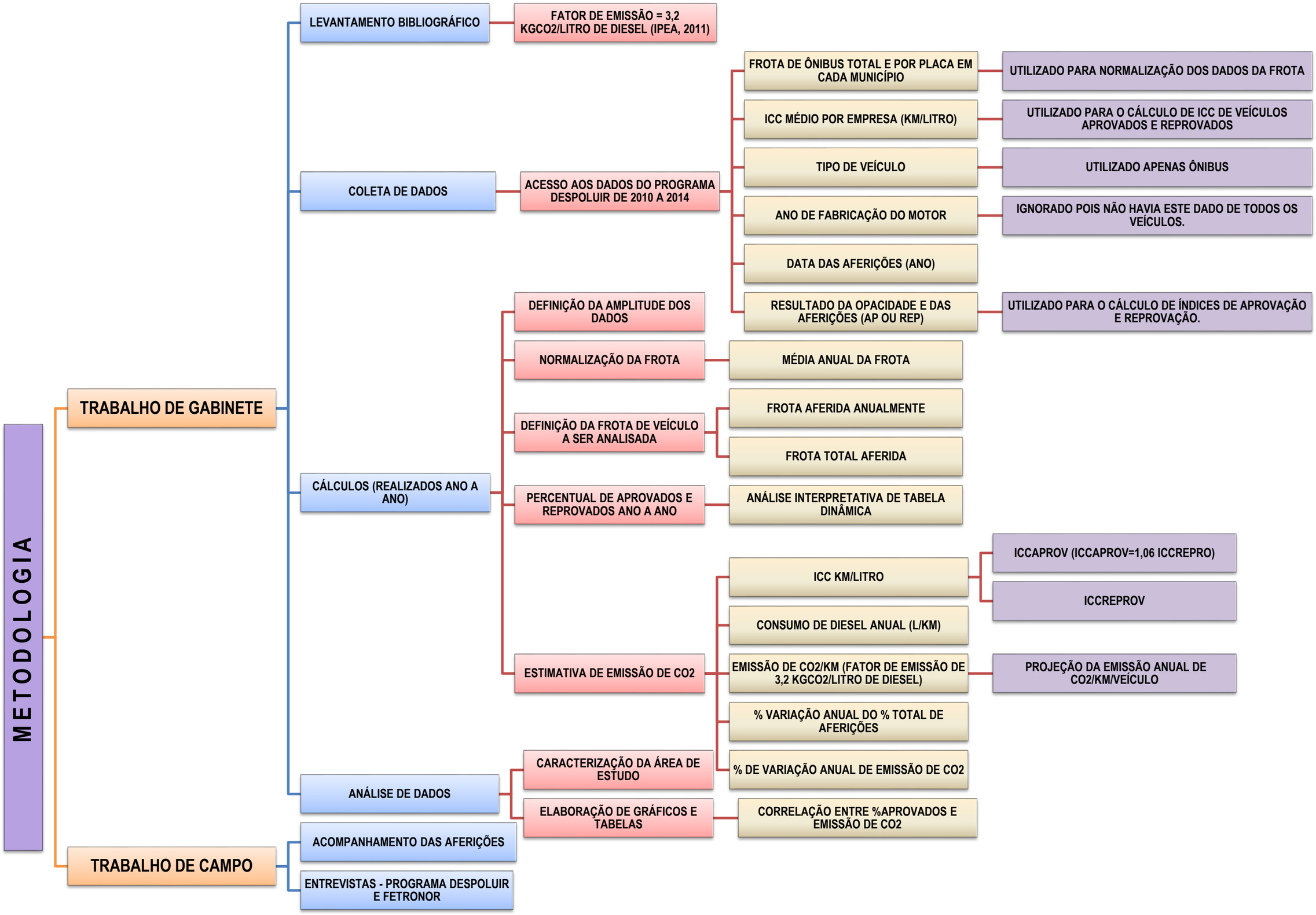
Quanto aos procedimentos, esta pesquisa é do tipo experimental, que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 2007).

Para iniciar o trabalho foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites, permitindo assim um levantamento do que já se estudou sobre o assunto.

Posteriormente se fez a coleta de dados disponibilizados pelo Projeto Despoluir, assim como entrevistas com equipe técnica do Projeto que serviram para subsidiar as informações quantitativas disponibilizadas. Também foram realizadas visitas de campo, a fim de determinar as condicionantes que podem afetar as aferições das emissões atmosféricas pela frota estudada. Ao final da compilação de todos os dados por meio de planilhas eletrônicas pelo Software Excel, que permitiram os cálculos realizados, análise e interpretação dos dados obtidos com a geração de gráficos e tabelas.

O fluxograma da metodologia pode ser observado na figura 1. As etapas do processo serão descritas a seguir.

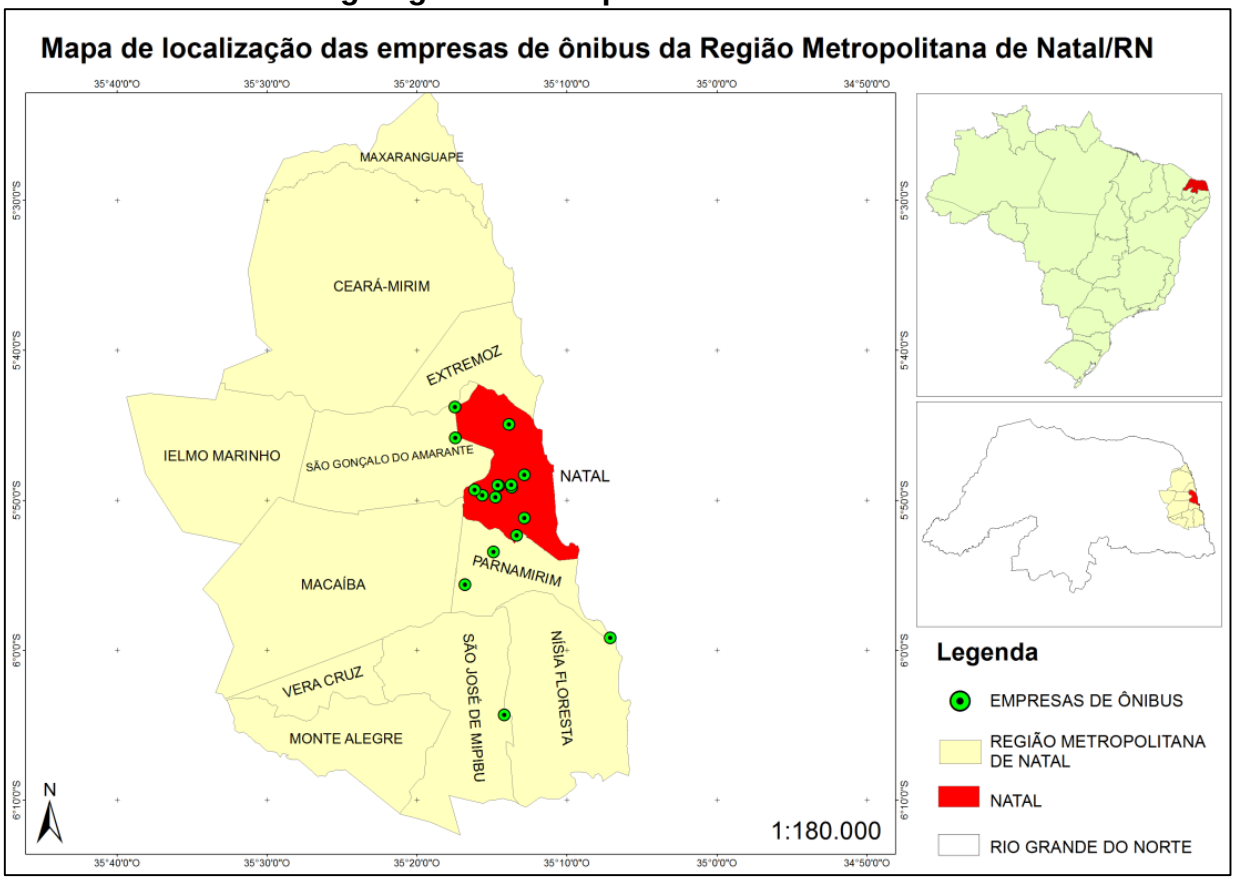
Figura 1 – Fluxograma apresentando a metodologia utilizada na pesquisa



3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Região Metropolitana (RM) da cidade de Natal, Rio Grande do Norte (Figura 2), com dados da frota de ônibus de todas as empresas de transporte regular de passageiros do estado do RN que possuem garagem nas cidades da RM de Natal.

Figura 2 - Região Metropolitana de Natal/RN, mostrando a localização das garagens das empresas de ônibus.



Fonte: Autoria própria, 2017

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram disponibilizados pela Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Nordeste (FETRONOR), que, realiza inspeções pelo Programa Despoluir. O período de avaliação será os anos 2010 e 2014 pois os dados de 2015 e 2016 ainda não foram padronizados e consolidados.

A frota alvo constitui-se de ônibus com motor do ciclo diesel, que compõem a

frota do sistema de transporte público da cidade de Natal/RN e que foram inspecionados no período analisado através do Programa Despoluir, com base nos padrões estabelecidos pelo PROCONVE e CONAMA, além de obedecer ao que dispõe a NBR 13.037 e a ISO11614:1999.

A atividade de aferição dos ônibus é realizada nas garagens, geralmente no final da rota de cada veículo. Nessa situação o motor e o catalisador do veículo encontram-se em maior temperatura devido ao uso. Esta é a condição ideal de trabalho do motor, dentro da realidade de suas emissões.

Os dados referentes a cada um dos veículos aferidos são: Placa do Veículo, Tipo do Veículo, Modelo do veículo, Montadora, Motor, Ano de Fabricação, Ano de Modelo, Data de início da aferição, Data Final da aferição, Hodômetro do veículo, Empresa visitada, CNPJ/CPF da empresa, Cidade, UF, Técnico responsável pela aferição, Resultado da aferição, Num. Série, Média da Opacidade, Limite de Opacidade, Avaliação da Opacidade, Velocidade Angular do Motor (RPM) em aceleração mínima e máxima, Motivo do Teste, Observações necessárias e os dados da Pré-Inspeção de Avaliação que é feita de maneira visual. A identificação das empresas foi suprimida do corpo desse trabalho. O relatório de inspeção que o Programa Despoluir utiliza está mostrado na Figura 3.

No total foram avaliadas as aferições realizadas em 1.769 ônibus para o parâmetro opacidade. A opacidade é tecnicamente conhecida como o índice de enegrecimento de fumaça da combustão do diesel. O opacímetro mede o nível de opacidade dos veículos, ou seja, o material particulado que é emitido pela queima do combustível.

O opacímetro em conjunto com o Tacômetro (medidor de rotação) operado pelo Programa Despoluir apresenta os dados referentes ao material particulado emitido pelo veículo, baseado na velocidade angular do motor (RPM), como mostra o relatório emitido para cada veículo (Figura 3). O opacímetro apresenta em seu resultado o coeficiente de absorção de luz, representado pela letra k e sua unidade é em m^{-1}, medindo o nível de opacidade dos veículos. Hoje, o limite permitido pela resolução do CONAMA 418 é de 1,70 k.

Figura 3 - Relatório emitido pelo Programa Despoluir após a aferição de cada veículo.

DESPOLUIR
PROGRAMA AMBIENTAL DO TRANSPORTE

70.145.081/0001-01 - Fetronor - Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Nordeste
Rua Coronel Auris Coelho, 483 - Rio Grande do Norte / Natal, 84 32342493, 84 32342493, www.fetronor.com.br, despoluir@fetronor.com.br

70.145.081/0001-01 - Fetronor - Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Nordeste
Rua Coronel Auris Coelho, 483 - Rio Grande do Norte / Natal, 84 32342493, 84 32342493, www.fetronor.com.br, despoluir@fetronor.com.br

Número da Ficha: [redacted]
Montadora: MERCEDES BENZ
Número de Chassis:
Cidade: Natal
Hodômetro: 232673462 / Consumo: 2,0
Tipo de Veículo:

Placa: [redacted]
Modelo: BUSS 040
Número de Renavam:
Estado: Rio Grande do Norte
Ano de fabricação: 2008
Aplicação:

Ciclo: DIESEL
Ano modelo: 2008
PBT (t) / Eixos: 0,0 /

Empresa: [redacted]

Análise de Opacidade

CONAMA nº 418
IN nº 06/2010 IBAMA

Data do teste: 05/08/15 08:56:17 / 08:58:27 (02:10)

Inspeção Visual

Resultado da Inspeção Visual APROVADO

Temperatura de operação 70 a 130 (°C)
Temperatura Informada: 90 (°C)
Limite de opacidade: 1,70 K

Limite de rotação em marcha lenta informada: 520
Limite de rotação em máxima livre informada: 3100
Limite de rotação em marcha lenta: 420 / 620
Limite de rotação em máxima livre: 2900 / 3200

Verificação inicial de marcha lenta (530 rpm) APROVADO
Verificação inicial de máxima livre (3180 rpm) APROVADO

Amostra	RPM Marcha Lenta	RPM Acel. Máxima	Tempo de Acel. (s)	Opacidade (K)
1	530	3210	0,8	0,53
2	530	3210	0,9	0,20
3	530	3210	0,5	1,30
4	560	3210	0,4	0,93
5	560	3210	0,4	0,88

Média: 1,03 / Desvio: 0,42

Resultado do escapamento APROVADO

Resultado do veículo APROVADO

Observações do sistema:
Altitude definida (manual): Até 350m
Limites do veículo inseridos pelo técnico responsável e norma
Tipo de medição da temperatura do óleo: Painel do veículo - Refrigerado a Água

Equipamentos utilizados para a medição:
Opacímetro: TM133 Nº de série: 114901 Nº de patrimônio: 97363
Tacômetro: TM525 Nº de série: 115733 Nº de patrimônio: 97459

Observações do operador:
4080

IGOR3 - Inspeção Veicular v1.4.0.0
DESPOLUIR-PC
10/08/15 11:50:54

WWW.CNTDESPOLUIR.ORG.BR
CNT SEST SENAT

TECNOMOTOR

Página 1 de 1

Fonte: Despoluir (2015)

3.3 CÁLCULOS E ANÁLISES REALIZADAS

Para realizar os cálculos e análises necessárias foi preciso, inicialmente, definir a amplitude dos dados disponibilizados, selecionando apenas os dados referentes aos veículos da RMN. A Base de Dados é composta de 85.051 registros de inspeções veiculares. A amplitude dos dados foi definida em termos temporais e espaciais, considerando todos os registros ocorridos nos anos de 2010 a 2014, para os veículos tipo ônibus que atendem a Região Metropolitana de Natal (RMN), abrangendo os municípios de Natal, Ceará-Mirim, Extremoz, São Gonçalo do Amarante, Ielmo Marinho, Macaíba, Parnamirim, Vera Cruz, Monte Alegre, São José de Mipibu, Nízia Floresta e Maxaranguape. Isso resultou em 10.873 registros na base de pesquisa.

Após a definição da amplitude dos dados, foi definida a frota de veículos a ser analisada. Como pode existir mais de uma inspeção por veículo anualmente, foram usados os dados de placa e ano de inspeção para definição da frota de veículos por cidade. Foi calculada a frota aferida anualmente e a frota total aferida entre os anos de 2010 e 2014, calcular a quantidade total de placas sem repetição, independente do ano.

O próximo passo foi calcular o percentual de aprovados e o percentual de reprovados por ano através da análise interpretativa dos dados, utilizando tabela dinâmica. Esta tabela dinâmica foi elaborada no software Excel por um estatístico, utilizando os dados disponibilizados pelo Programa Despoluir.

Foram utilizados os dados referentes aos seguintes índices:

- Aprovação: veículos aprovados em todos os aspectos avaliados;
- Reprovação: veículos que reprovaram em quaisquer pontos a seguir:
- Opacidade (k): Média da opacidade das aferições que representa de forma indireta o material particulado emitido pelo veículo. Esse parâmetro já é disponibilizado pelo equipamento denominado opacímetro. Esse equipamento em conjunto com o Tacômetro (medidor de rotação) operado pelo Programa Despoluir apresenta os dados referentes ao material particulado emitido pelo veículo, baseado na velocidade angular do motor (RPM), como mostra o relatório emitido para cada veículo. Dessa forma, o opacímetro apresenta em seu resultado o coeficiente de absorção de luz, representado pela letra k e sua unidade é em m^{-1}.

3.4 ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO_2

Para a estimativa de CO_2 foram utilizados os dados referentes ao consumo de combustível relacionado à quilometragem rodada (km/L) ano a ano de cada veículo.

A normalização da frota consiste na média anual da frota de veículos para os anos de estudo (2010 a 2014). Isso é necessário para, a partir dos percentuais anuais de aprovação e do ICCaprov e ICCreprov, seja calculado o consumo de diesel anual em litro/km. Com isso, consegue-se calcular a emissão média de CO_2 em kg/km.

Utilizou-se neste trabalho um fator de emissão médio de 2,6 kg de CO_2 para cada litro de diesel queimado na combustão, que somado com o valor médio de 0,5 kg de CO_2 emitidos para produzir e distribuir o combustível, chegou-se a uma taxa final de emissão em torno de 3,2 kg de CO_2 /l de diesel. Estes valores estão de acordo com a metodologia utilizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2011), que referencia a emissão máxima possível de CO_2, mostrando o pior cenário possível.

Após calcular o percentual de aprovados e reprovados foi definido o Índice de Consumo de Combustível (ICC) médio a partir dos ICC's de 2012 e 2013, uma vez que esses dados foram fornecidos pelo programa Despoluir por empresa. A partir dos ICC's dos anos de 2012 e 2013 e considerando a frota anual, foi ponderado o ICC médio para todos os anos. O cálculo do ICC foi realizado em Km por litro de Diesel.

Após isso, o ICC médio foi desmembrado em ICC de veículos aprovados (ICCaprov) e ICC dos veículos reprovados (ICCreprov) segundo as equações 1 e 2. De acordo com dados de documentos internos do Programa Despoluir, a frota aprovada é 6% mais eficiente do que a frota reprovada. Isto posto, calculou-se o ICCaprov e o ICCreprov, a partir do ICC médio conhecido, fornecido pelas empresas ao Programa.

$$ICCaprov = 1{,}06\, ICCreprov \qquad \text{(Eq. 01)}$$

$$ICC = \frac{ICCaprov + ICCreprov}{2} \qquad \text{(Eq. 02)}$$

Substituindo equação 01 na equação 2, temos:

$$ICC = \frac{1{,}06\ ICCreprov + ICCreporv}{2}$$

$$3{,}016 = \frac{1{,}06\ ICCreprov + ICCreprov}{2}$$

$$3{,}016\ x\ 2 = 2{,}06\ ICCreprov$$

$$\boldsymbol{ICCreprov = \frac{6{,}032}{2{,}06} = 2{,}928\frac{km}{Litro}} \qquad \text{(Eq. 03)}$$

Substituindo a equação 3 na equação 2 temos:

$$3{,}016 = \frac{ICCaprov + 2{,}928}{2}$$

$$6{,}032 = ICCaprov + 2{,}928$$

$$\boldsymbol{ICCaprov = 6{,}032 - 2{,}928 = 3{,}100\frac{km}{Litro}}$$

Tendo os valores de ICC de veículos aprovados e reprovados, foi calculado o ICC anual a partir das distribuições dos percentuais de aprovação e reprovação, considerando os ICCaprov e ICCreprov calculados. Com todos os dados de consumo de combustível, foi feito o cálculo de emissão de CO_2 por quilômetro, considerando o Fator de Emissão de 3,2 Kg de CO_2 por litro de Diesel e foi projetada a emissão anual de CO_2 por quilômetro rodado por cada veículo.

Em seguida foi calculado o percentual de variação anual com base no percentual total de aferições aprovadas e calculado a porcentagem de variação anual da emissão de CO_2. Por fim, foi demonstrada a correlação entre percentagens de aferições aprovadas e emissão de CO_2 através da elaboração de um gráfico de dispersão (XY). Também foi feita a análise de veículos que foram cadastrados como reprovados e posteriormente constaram como aprovados, conseguindo medir o quanto melhoraram.

A análise do histórico das reduções do consumo de combustíveis e de emissões atmosféricas ocasionadas pela atividade do Programa Despoluir foi feita através de análise interpretativa dos dados, utilizando tabela dinâmica e elaboração de gráficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados referentes aos testes de opacidade da frota de transporte coletivo de passageiros dos estados do RN, PB, PE e AL totalizaram em 85.051 aferições e foram disponibilizados pelo Programa Ambiental do Transporte DESPOLUIR. Como o foco do trabalho compreende apenas a Região metropolitana de Natal, foram selecionados os dados desta região e foram obtidas uma quantidade de 10.873 aferições veiculares entre os anos de 2010 e 2014. Estes dados são referentes apenas à categoria ônibus da frota do Sistema de Transporte Público Coletivo.

Dos 10.873 registros de aferição, apenas 645 registros possuem a informação referente ao ano de fabricação do motor. Por este motivo a correlação entre consumo de combustível e emissões atmosféricas não foi feita com a idade do motor. Para o cálculo das emissões foi considerado o Índice de Consumo de Combustível (km/Litro), os índices de aprovação e reprovação nas aferições realizada pelo Programa Despoluir, a frota total aferida ano a ano, o fator de emissão de CO_2 de 3,2 $KgCo_2$/Km (IPEA, 2011) e o resultado do teste de opacidade (k).

No total foram avaliadas as aferições realizadas em 1.769 ônibus diferentes, distribuídos na RMN. Quando foi realizada a definição da amplitude dos dados disponibilizados, observou-se que os ônibus estavam localizados nos municípios de Natal, Extremoz, Macaíba, Parnamirim e São Gonçalo do Amarante, mostrando que estes circulam na zona conurbada[1] como descrito por Villaça (1998).

A frota de ônibus, que compõe o sistema de transporte público coletivo dessa área, encontra-se circulando nesses cinco municípios, onde a contribuição de emissões atmosféricas por esse tipo de frota deve possuir maior influência por concentrar uma grande quantidade de ônibus circulando continuamente em uma área relativamente pequena.

Nos demais municípios circulam os ônibus intermunicipais, que são em pequena quantidade e dispersos, não tendo uma contribuição efetiva para a poluição atmosférica local. A tabela 6 é possível observar a frota veicular total no RN e na Região Metropolitana de Natal referente a março de 2016, com destaque para a região conurbada.

[1] Localidades cujas zonas urbanas limítrofes constituem um todo continuamente urbanizado, ou seja, a cidade passa a absorver núcleos urbanos localizados à sua volta, pertençam a eles ou a outros municípios.

Tabela 6 - Frota veicular no RN e na Região Metropolitana de Natal referente a março de 2016, com destaque para a região conturbada.

Município		Frota Veicular
Região Metropolitana de Natal	Natal	371.913
	Parnamirim	90.009
	São Gonçalo do Amarante	20.130
	Macaíba	19.084
	Ceará-Mirim	15.901
	São José do Mipibu	9.986
	Extremoz	6.946
	Vera Cruz	3.050
	Monte Alegre	4.233
	Maxaranguape	1.596
	Ielmo Marinho	1.726
	Nísia Floresta	4.986
Demais Municípios		602.167
Rio Grande do Norte		1.151.727

Fonte: adaptado de /DETRAN-RN (2016)

A frota veicular do Estado do Rio Grande do Norte, apresentada na Tabela 6, é composta por todos os tipos de veículos motorizados, incluindo automóveis, caminhões, caminhonetes, micro-ônibus, ônibus, motocicletas, tratores, utilitários, etc., totalizando 1,151 milhões de veículos, com dados do ano de 2016.

A frota veicular da RMN é de 549,5 mil veículos, correspondendo a 47,7% do total de veículos do RN. Na área em estudo, existem 508,1 mil veículos, correspondendo a 44% do total de veículos, e 92,5% dos veículos da RMN.

Dentre os veículos da frota de 549,5 mil veículos da RMN, 3.754 são ônibus e, dos ônibus da RMN, 3.416 ônibus pertencem a área conurbada de Natal.

No período de 2010 a 2014 foram realizadas 10.873 aferições veiculares em 1.769 ônibus inspecionados, de uma frota total de 3.416 ônibus no Estado do Rio Grande do Norte, por meio do Projeto Despoluir. O objetivo das aferições é verificar a conformidade dos ônibus quanto à emissão de poluentes atmosféricos. A tabela 7 mostra o quantitativo de aferições realizadas nos ônibus de cada município da área de estudo.

Tabela 7 - Quantitativo de ônibus aferidos em cada município da área de estudo entre os anos de 2010 e 2014

CIDADE	TOTAL DE ÔNIBUS AFERIDOS	%
Extremoz	55	3,1
Macaíba	44	2,5
Natal	1.492	84,3
Parnamirim	163	9,2
São Gonçalo do Amarante	15	0,8
Total de veículos	**1.769**	**100**

Fonte: Autoria Própria (2017)

É possível observar, nos dados da Tabela 7, que o maior quantitativo de ônibus aferidos na área conurbada de Natal está localizado nos municípios de Natal (1492 ônibus - 84,3% do total) e Parnamirim (163 ônibus - 9,2% do total). Esses dois municípios contêm 93,5% dos ônibus aferidos. Na Tabela 8 é mostrado o total de ônibus aferidos por ano.

Tabela 8 - Quantitativo de ônibus aferidos por município nos anos de 2010 a 2014 e média da frota ano a ano.

CIDADE	ANO					TOTAL
	2010	2011	2012	2013	2014	
Extremoz	9	35	43	26	7	**120**
Macaíba	-	36	36	29	3	**104**
Natal	737	1.001	1.040	917	986	**4.681**
Parnamirim	51	84	106	83	101	**425**
São Gonçalo do Amarante	2	-	1	-	12	**15**
Total de ônibus aferidos	**799**	**1.156**	**1.226**	**1.055**	**1.109**	**5.345**
Frota média	**1.069**	**1.069**	**1.069**	**1.069**	**1.069**	**1.069**

Fonte: Autoria Própria (2017)

Um mesmo ônibus pode ter sido aferido em todos os anos, sendo contabilizado em cada ano que aparece. Por este motivo, os dados da Tabela 8 podem ser maiores que os dados da Tabela 7. A última linha dessa tabela mostra a normalização da frota aprovada e reprovada em função dos percentuais de aprovação e reprovação (ano a ano) e da média da frota

Para chegar a esse dado de média de 1.069 ônibus aferidos por ano, foi necessário normalizar os dados em detrimento da prática de aferições realizada pelo

programa DESPOLUIR. No relatório geral de aferições, um mesmo veículo poderia ser aferido mais de uma vez ao ano e, com o objetivo de normalizar os dados para estabelecer o cálculo de emissão de CO_2, descartamos as aferições repetidas de um ônibus em um mesmo ano, de modo que a tabela mostra apenas uma aferição anual para cada ônibus. Como as aferições são feitas em locais diferentes, sendo registrado o local do teste, o quantitativo total na tabela 8 é maior do que o número de veículos em cada município mostrado na tabela 7.

A partir dos dados mostrados na Tabela 8 é possível observar que foi aferida uma média de 1.069 ônibus por ano, entre os anos de 2011 e 2014, sendo que no ano de 2010 esse número foi bem menor. A análise dos dados mostra que existem veículos que foram aferidos em mais de um ano, e outros que foram aferidos em apenas um ano. Isso deve à renovação da frota ou venda do veículo. No ano de 2012 houve um maior quantitativo de ônibus aferidos, sendo que esse fato deve estar relacionado à aquisição de novos veículos, pois geralmente, quando novos veículos são adquiridos ocorre a venda dos veículos mais antigos nos anos seguintes.

As aferições realizadas dentro do Programa DESPOLUIR, e usados nesta pesquisa, estão de acordo com as melhores práticas de aferição para obtenção de resultados mais confiáveis (JACONDINO, CYBIS, 2003; AGUIAR *et. al*, 2014).

Cada veículo pode ser aferido mais de uma vez no ano, principalmente quando o mesmo teve um resultado de reprovação nas aferições. Sendo assim, o número de aferições é maior que o número de veículos, pois os veículos reprovados passam por um acompanhamento para que a empresa proprietária do veículo efetue as correções devidas e o teste seja refeito, como pode ser observado na Tabela 9, em relação à Tabela 8.

Tabela 9 - Quantitativo de aferições por município nos anos de 2010 a 2014

CIDADE	ANO					TOTAL
	2010	2011	2012	2013	2014	
Extremoz	9	47	87	48	17	**208**
Macaíba	-	43	38	34	4	**119**
Natal	1.102	1.698	2.357	1.863	2.599	**9.619**
Parnamirim	58	120	241	259	230	**908**
São Gonçalo do Amarante	4	-	3	-	12	**19**
Total	**1.173**	**1.908**	**2.726**	**2.204**	**2.862**	**10.873**

Fonte - autoria própria, 2017.

Observa-se também o maior quantitativo de aferições nos municípios de Natal e Parnamirim, municípios de maior circulação de ônibus urbanos e onde há maior concentração populacional e de garagens dos mesmos.

As aferições secundárias, aquelas realizadas num mesmo ônibus após a reprovação deste, são importantes pelo fato de acompanhar aqueles veículos que foram reprovados no índice de opacidade, ou seja, emitem mais material particulado para a atmosfera do que a legislação brasileira permite.

Este acompanhamento inclui uma série de recomendações do ponto de vista mecânico, uma vez que as emissões são provenientes de: tubo de escapamento, sistema de alimentação de combustível, respiros, juntas e conexões e dos respiros do cárter (BRITO, 2005).

A divulgação dos relatórios de conformidade e não conformidade dos veículos (aprovados e reprovados) pode e deve levar a uma manutenção corretiva e preventiva, trazendo melhoria na eficiência de consumo de combustível e impacto financeiro positivo.

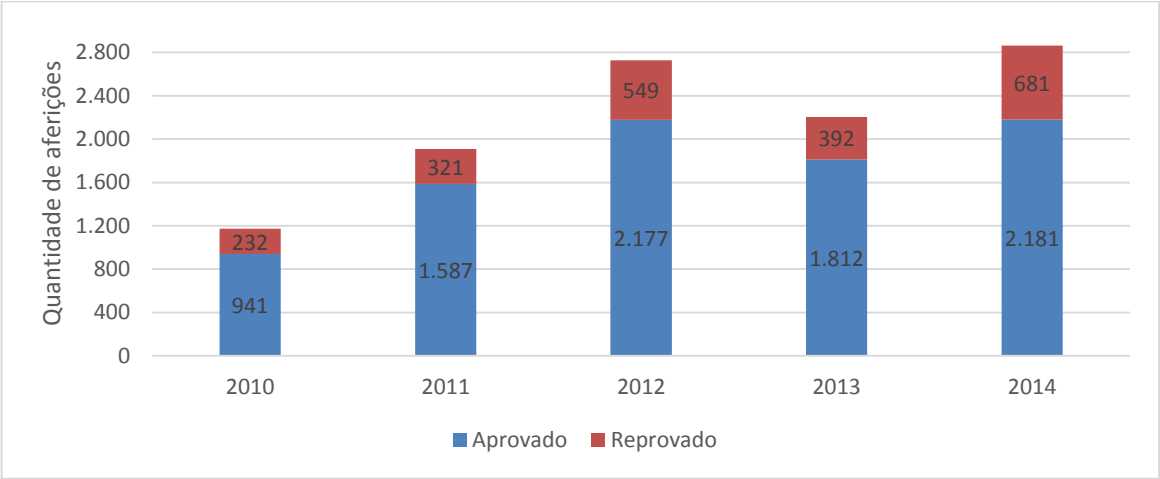
Nos próximos tópicos será realizada a análise dos índices de aprovação, reprovação e quantitativo da frota aferida; depois será feita a correlação do índice de reprovação com o Índice de Consumo de Combustível (ICC) em km/L e a emissão de CO_2 para a atmosfera, ano a ano. Foi considerado, para as análises seguintes, a utilização do Diesel S500.

4.1 EVOLUÇÃO DAS AFERIÇÕES DE ÔNIBUS DA FROTA DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DA RM DE NATAL

Até o ano de 2012 as aferições realizadas nos ônibus utilizavam a metodologia de medir a qualidade das emissões de particulados dos veículos de passageiros por meio de opacímetro. A partir de 2012 iniciou-se o processo de adequação da metodologia de aferição e, em 2013, a mesma foi padronizada para o uso de opacímetro em conjunto com o tacômetro, aparelho utilizado para medir a rotação do motor, tornando as aferições mais rígidas e precisas, atendendo a resolução CONAMA 418.

A Figura 4 apresenta os resultados das aferições realizadas na frota de ônibus na região metropolitana de Natal, área conurbada, no período de 2010 a 2014.

Figura 4 - Número de aprovações e reprovações nas aferições de opacidade realizadas na frota de veículos de transporte de passageiros da RMN entre os anos 2010 a 2014



Fonte: Autoria Própria (2017)

Como se pode observar, houve uma evolução no número de aferições ao longo desse período, passando de 1.173 para 2.862 no período considerado, que corresponde a um crescimento aproximado de 143%. Esse aumento pode indicar um comprometimento maior das empresas de ônibus em colaborar com o programa DESPOLUIR, uma vez que a adesão ao programa é voluntária e um veículo reprovado não é impedido de continuar a rodar.

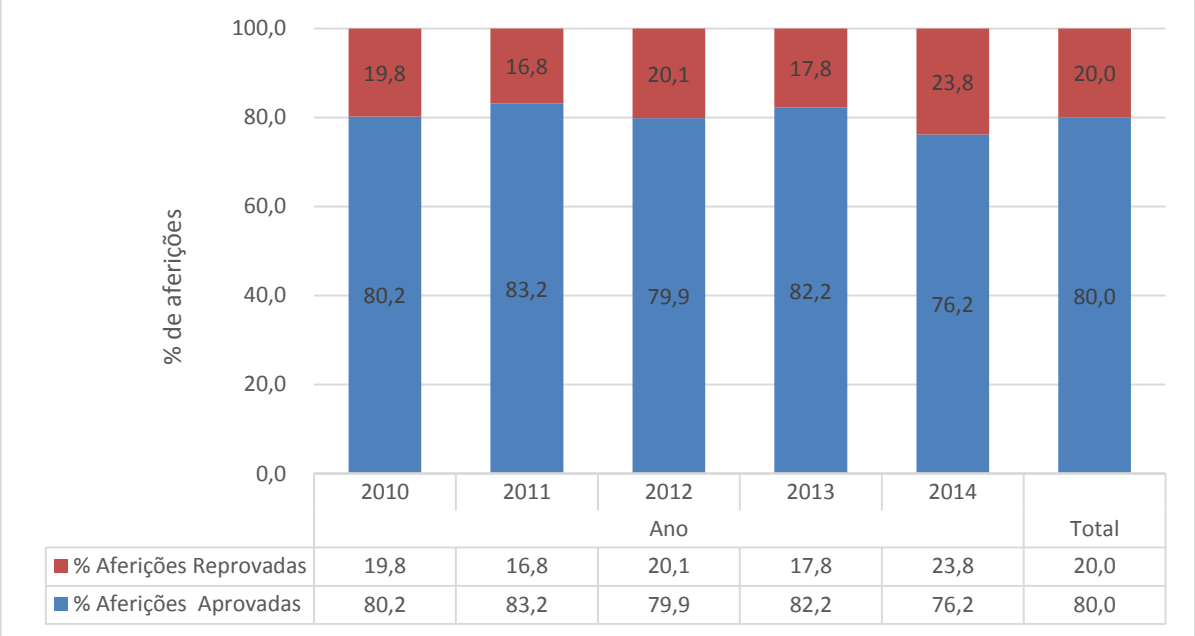
O quantitativo de veículos aprovados tem aumentado a cada ano, com um pequeno decréscimo no ano de 2013, que pode estar associado à mudança de metodologia de aferição e com maior rigor dos testes, com o uso de opacímetro em conjunto com o tacômetro para medir a qualidade das emissões de particulados dos veículos.

No ano de 2014 este número de aprovados voltou a crescer, alcançando o maior número de aferições, com um maior número absoluto de veículos aprovados. Porém, houve um aumento proporcional de reprovações no ano de 2014, pois o percentual médio de veículos reprovados era 18,6% entre 2010 e 2013, tendo esse percentual subido para 23,8% no ano de 2014 (Figura 5)

O critério utilizado para aprovação ou reprovação dos veículos é o índice de opacidade medido pelo opacímetro. De acordo com a Resolução do CONAMA 418/2009 e a instrução normativa IBAMA Nº 6/2010, os índices de opacidade por veículos automotores de ciclo Diesel devem ser menores ou iguais a 1,70. Sendo assim, todos os veículos aprovados estão abaixo deste índice de opacidade e os

reprovados são aqueles que apresentaram como resultado final da aferição valores maiores que 1,70.

Figura 5 - Distribuição de Aferições de 2010 a 2014 com os índices de aprovação e reprovação.



Fonte: Autoria Própria (2017)

Verifica-se que, embora tenha havido um aumento no quantitativo total de aferições de 143% no período de 2010 a 2014, as aferições dos veículos dentro dos padrões, com frota aprovada se manteve com um índice médio de 80% de aprovações e de 20% de reprovações. Dados do período 2007 a 2009 mostram que o índice de aprovação era de 44,08% no ano de 2007, tendo evoluído para uma média de 70% em 2008 e 2009 (FETRONOR, 2015).

Branco *et al.*, (2013) realizaram uma pesquisa sobre o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso na cidade de São Paulo (I/M_SP) e constataram que a rotina de inspeção e aferição veicular vem produzindo resultados com benefícios ambientais crescentes, mostrando que a redução progressiva das médias de emissões de poluentes ao longo do tempo indica uma nova cultura de manutenção dos veículos, melhores serviços e maior conscientização por parte da sociedade.

Os problemas de emissão de poluentes geralmente são sanados com facilidade, independente de idade ou padrão tecnológico, ou seja, veículos com a manutenção em dia tendem a ficar dentro dos padrões de emissões atmosféricas (BRANCO *et al.*, 2013).

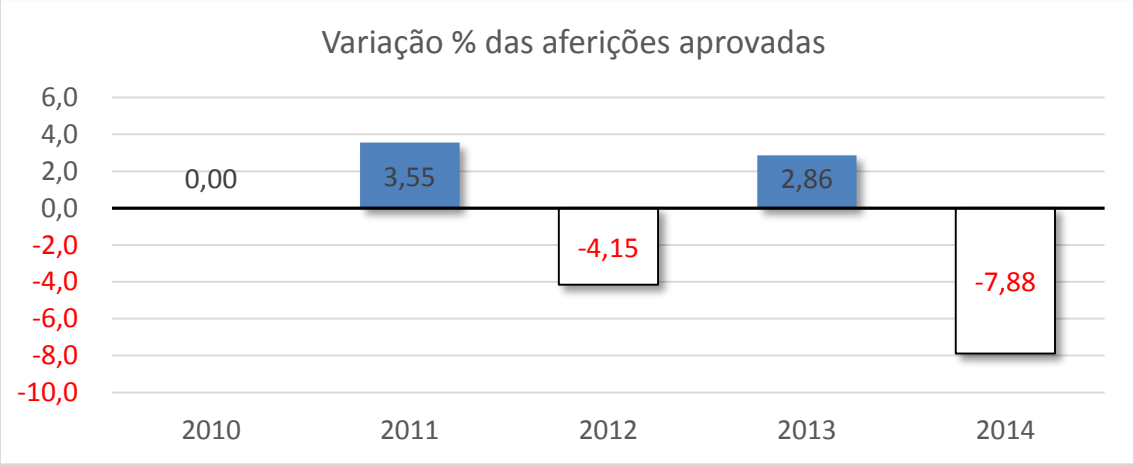
Porém, observa-se nesta pesquisa de Branco et al (2013) que os veículos com fabricação de motor a partir de 2006 possuem um índice de aprovação maior que os de fabricação anterior a este ano. Os motores mais recentes possuem tecnologia diferenciada com o objetivo de redução de emissões poluentes - material particulado (MP), NOx e HC - conforme o estabelecido em cada fase P do PROCONVE. Assim, a idade do motor tem influência direta nos resultados dos testes para a sua aprovação quanto à emissão de material particulado, obtida pelo teste de opacidade.

Branco *et al.*, (2014) mostraram que a rotina de aferições tem um impacto positivo nas emissões veiculares, uma vez que os veículos reprovados nas primeiras aferições passam a ser acompanhados e são aprovados nas aferições seguintes.

Petro e Konecny (2017, p.682), em estudo na Eslováquia, concluíram que "para reduzir a produção de emissões é necessário melhorar a eficiência dos motores de combustão interna, ou adotar a legislação mais rigorosa no campo da proteção ambiental".

Assim, a análise dos índices de aprovação das aferições veiculares ao longo dos anos, tendo o ano de 2010 como ano base, mostra a variação percentual de aferições aprovadas em relação ao ano anterior, sendo negativo quando, no ano sob análise, o total das aferições aprovadas foram menores que no ano anterior. A Figura 6 mostra o gráfico de evolução da média de aprovação dos veículos aferidos ano a ano. O ano de 2010 foi colocado como sendo de base zero.

Figura 6 - Variação dos índices de aprovação das inspeções veiculares de um ano para o outro, na área de estudo.



Fonte: Autoria Própria (2017)

A partir dos dados das figuras 4 e 6, se verifica que houve um aumento no percentual de aferições com resultado de aprovação de 3,55% no período de 2010 para 2011, ou seja, 2011 teve 3,55% mais aprovações do que o ano anterior. No mesmo período houve um aumento no número de aferições, aumentando de 1.173 aferições em 2010 para 1.908 no ano de 2011.

No período de 2011 para 2012 verifica-se uma queda na porcentagem de veículos aprovados em 4,15%, e aumento na quantidade de aferições e na quantidade de veículos aprovados, 1587 aferições aprovadas em 2011 para 2177 aferições aprovadas no ano de 2012. Porém, proporcionalmente, o índice de aprovação foi menor que o ano anterior.

No período de 2012 para 2013 se observa uma queda tanto no número de aferições quanto no índice de aprovações. Isso se deu devido a alterações da metodologia utilizada, uma vez que houve uma mudança nas recomendações técnicas da Instrução Normativa do IBAMA nº6/2010, acrescentando a exigência de um medidor de rotação (tacômetro) associado ao opacímetro. Assim, os equipamentos utilizados pela aferição foram substituídos por equipamentos de tecnologia mais avançada, gerando adaptação por parte dos técnicos ao novo equipamento, sendo que os testes passaram a ser mais rigorosos e criteriosos.

De 2013 para 2014 houve uma queda de 7,88% no percentual de aprovação dos veículos, e aumento no quantitativo de aferições, sendo o maior quantitativo da série temporal, e o quantitativo de aprovações também aumentou. Em 2013 teve um índice de aprovação de 82,2% enquanto que em 2014 caiu para 76,2% de aprovação das aferições realizadas. No período de 2010 a 2014, houve uma média de 80% de aferições com aprovação (Figura 5).

De um modo geral observa-se que, ao aumentar o número de aferições e o quantitativo de ônibus aferidos, as empresas promovem mudanças de posturas operacionais buscando a melhoria das emissões atmosféricas. Essas aferições permitem, ao longo do tempo, ter informações sobre o controle da emissão de gases e material particulado poluente por fontes móveis (veículos automotores), que estão amplamente regulamentados pela legislação ambiental brasileira.

A legislação ambiental brasileira evoluiu por meio do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). Esse fato que fez com que a indústria brasileira se atualizasse tecnologicamente quanto à fabricação dos motores e utilizados nacionalmente, passando para veículos com sistema de injeção

eletrônica de combustíveis, que emitem menos de um décimo de poluentes de seus similares fabricados na década de 1980.

4.2 ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE CO_2 PELA FROTA DE ÔNIBUS

Para estimar a emissão de CO_2 pelos ônibus, inicialmente foi calculado o Índice de Consumo de Combustível (ICC), que mede a quantidade de quilômetros que um veículo percorre consumindo um litro de diesel.

Para chegar a este resultado foi realizada a normalização da frota aprovada e reprovada em função dos percentuais de aprovação e reprovação (ano a ano) e da média da frota, conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Normalização da frota aprovada e reprovada em função dos percentuais

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	Média
Frota Aprovada	858	889	854	879	815	855
Frota Reprovada	211	180	215	190	254	214
Frota média	1.069	1.069	1.069	1.069	1.069	1.069

Fonte: Autoria Própria (2017)

A tabela 10 explicita que a média de veículos aferidos por ano foi de 1.069 veículos, mantendo sempre o mesmo percentual de aprovação e reprovação da Figura 5. Ou seja, foi calculada a média de veículos aferidos no período considerado, de acordo com a Tabela 8 e normalizada quanto à aprovação e reprovação. Isso é necessário para que seja calculado o consumo de diesel anual em litro/km, a partir dos percentuais anuais de aprovação e do ICCaprov e ICCreprov,. Com isso, consegue-se calcular a emissão média de CO_2 em kg/km.

Após a normalização da frota aprovada e reprovada, foi aplicada a Equação 01, constante da metodologia deste trabalho, para calcular o ICC dos veículos aprovados e o ICC de veículos reprovados. O ICC médio foi calculado com base nos dados fornecidos pelo Programa Despoluir, no valor de 3,016 km/litro de diesel por veículo, independentemente de ter sido aprovado ou reprovado. Com base no valor médio do ICC foi calculado o ICC dos veículos aprovados e reprovados.

Baseada na experiência acumulada pelo Programa DESPOLUIR ao longo de

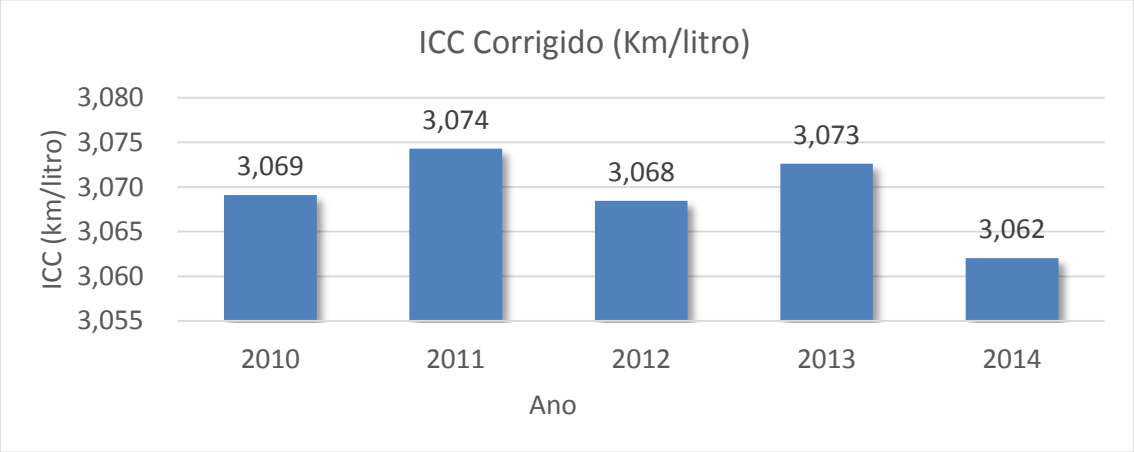
10 anos de atuação, a frota aprovada apresenta rendimento em Km/L de combustivel 6% mais eficiente do que a frota reprovada. Isto posto, calculou-se o ICCaprov e o ICCreprov, a partir do ICC médio conhecido, conforme a equação 1 apresentada na metodologia, chegando aos seguintes valores:

$$\boldsymbol{ICCreprov = 2,928 \frac{km}{Litro}}$$

$$\boldsymbol{ICCaprov = 3,100 \frac{km}{Litro}}$$

De conhecimento desses valores foi calculado o ICC anual a partir da distribuição das porcentagens de aprovação e reprovação, considerando os ICCaprov e ICCreprov calculados. Os resultados estão mostrados na Figura 7.

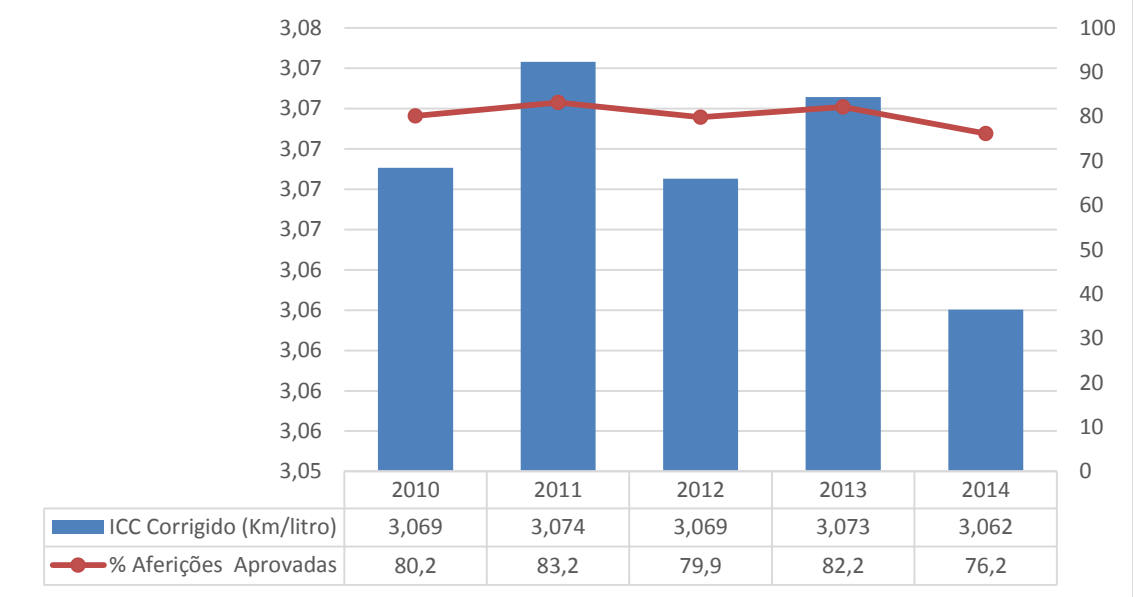
Figura 7 - ICC anual calculado



Fonte: Autoria Própria (2017)

A Figura 7 mostra o consumo de combustível por quilômetro médio da frota aferida ano a ano. Para isso foi equalizado o quantitativo da frota pela média ponderada. Observa-se, na Figura 8 que os anos que tiveram maior índice de aprovação são os que tiveram maior ICC, ou seja, houve um menor consumo de combustível por quilômetro rodado.

Figura 8 – Percentual da Frota Aprovada x ICC Anual

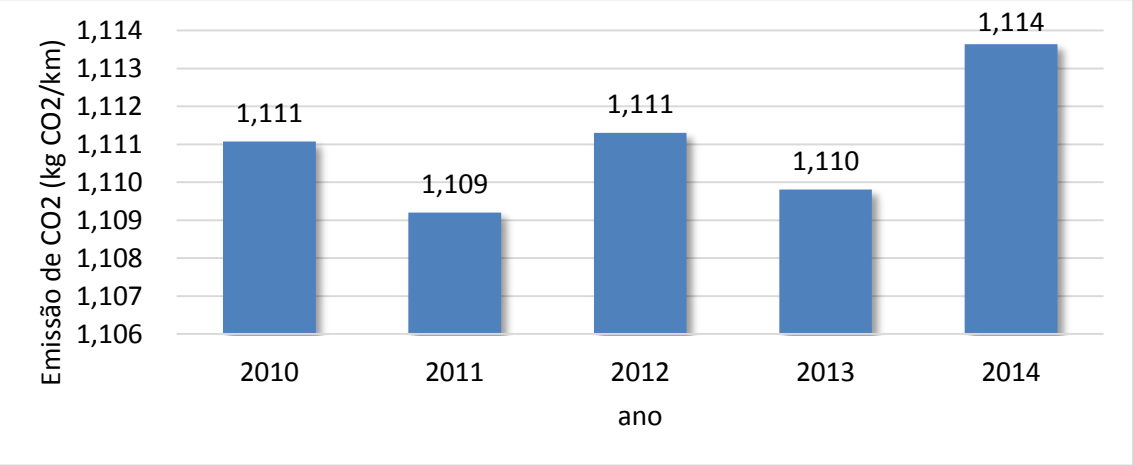


Fonte: Autoria Própria (2017)

Quando se calcula o percentual de aprovação anual das aferições realizadas nos ônibus e compara-se com o ICC médio realizado, percebe-se uma correlação direta entre o ICC (Km/litro) com o percentual de aprovação. Isso mostra que os veículos aprovados possuem maior eficiência, percorrendo maiores distâncias com cada litro de combustível.

Após o cálculo do ICC, foi feito o Cálculo da emissão de CO_2 - considerando a relação de 3,2 Kg de CO_2 por litro de Diesel consumido (IPEA, 2011), sendo mostrado na Figura 9.

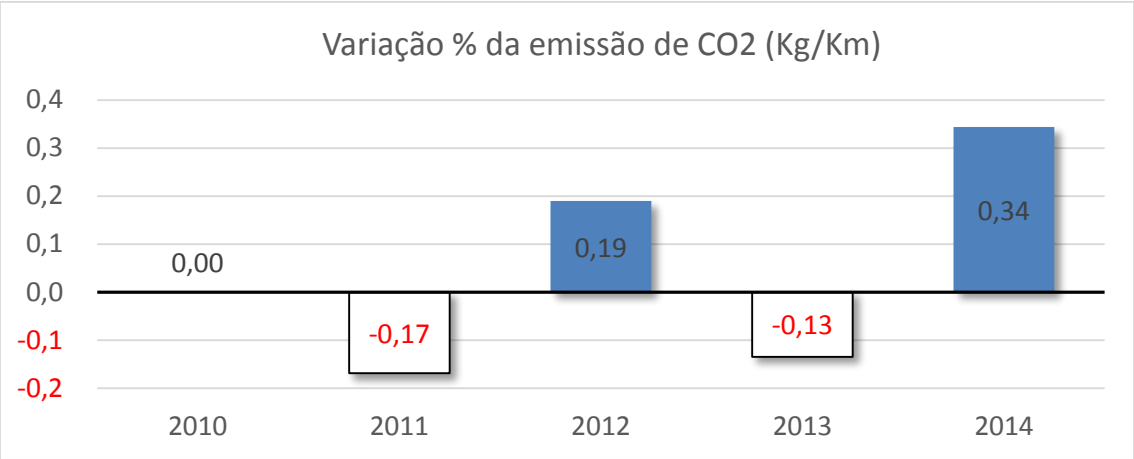
Figura 9 – Estimativa de Emissão de CO_2 (kgCO_2/km)



Fonte: Autoria Própria (2017)

Em seguida foi calculado o percentual de variação anual do percentual de aferições aprovadas, conforme pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Variação do percentual da emissão de CO_2



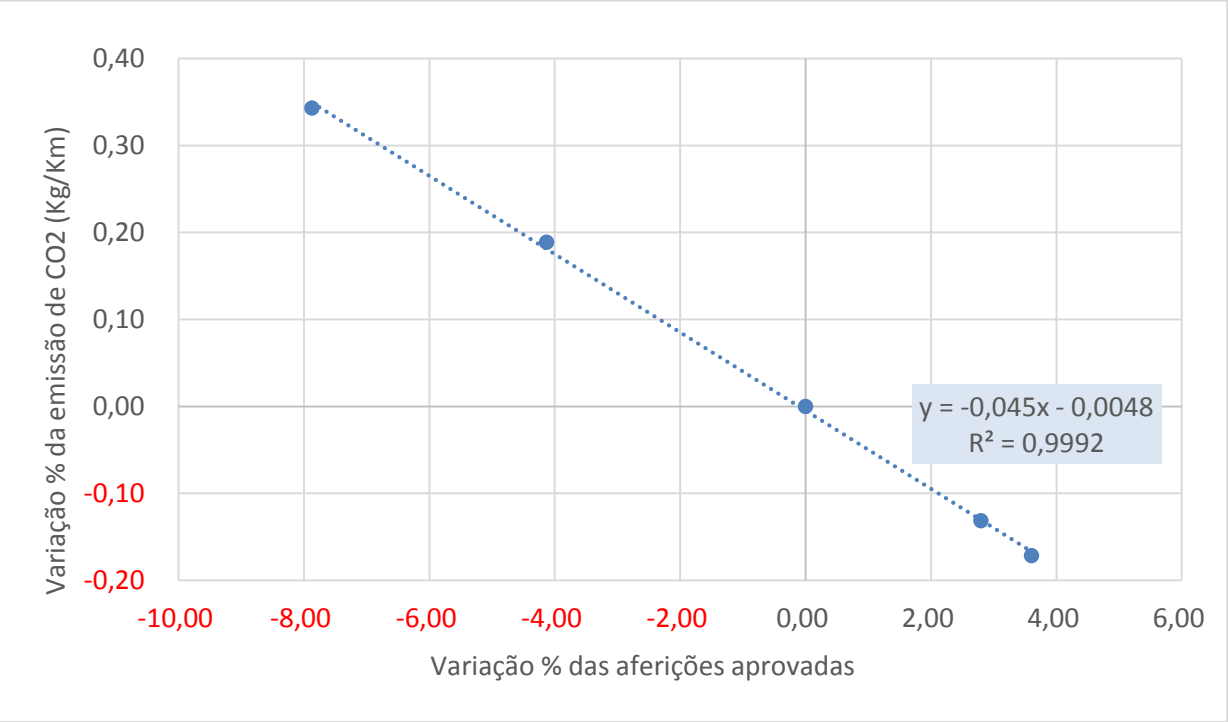
Fonte: Autoria Própria (2017)

De igual forma à 9, a Figura 10 evidencia a evolução dos índices percentuais das emissões de CO_2 ano a ano. Sendo mostrada apenas a diferença positiva ou negativa de um ano para outro. O ano de 2010 é o ano de base zero, pois os dados foram analisados a partir deste ano.

O aumento da variação do percentual não quer dizer que as emissões de CO_2 aumentaram quantitativamente nos anos de 2012 e 2014, mas sim que o índice de reprovação aumentou. De acordo com a Figura 4 e a Figura 5 observa-se que, apesar dos índices de reprovação no ano de 2012 e 2014 serem de 20,1% e 23,8% respectivamente, a quantidade de veículos aferidos aumentou, de acordo com os dados da Tabela 10.

A Figura 11 mostra a correlação entre o percentual de variação das aferições aprovadas ano a ano (Figura 6), e a variação das emissões de CO_2, ano a ano (Figura 10). Pode-se perceber que quanto maior a variação positiva do índice de aprovação da frota, a emissão terá sua variação inversamente proporcional. Portanto, podemos afirmar que quanto maior o índice de aprovação da frota, menor será sua emissão de CO_2. Para verificação e validação desta equação foi calculado o coeficiente de correlação, que se mostrou fortemente correlato, com resultado de R2 = 0,99926.

Figura 11 - Evolução das variações (correlação entre % aprovação e emissão de CO_2)



Fonte: Autoria Própria (2017)

Esses resultados mostram que a redução de emissões poluentes por motores de ônibus depende da melhoria da eficiência dos motores de combustão interna, ou cumprimento da legislação ambiental mais rigorosa.

Observa-se na tabela 11, que com os dados calculados até aqui, já é possível estimar a quantidade de CO_2 emitida pela frota alvo desta pesquisa. Nesta tabela é possível visualizar o quantitativo real de veículos aferidos ano a ano e o quantitativo médio desta frota. Com os valores de emissão de CO_2 emitido por veículo, é possível calcular a quantidade de CO_2 emitido para a atmosfera ano a ano pela frota.

Tabela 11 - Quantitativo de CO_2 (kg/km) emitido por veículo e pela frota ano a ano.

	ANO					TOTAL
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	
Total de ônibus real	799	1.156	1.226	1.055	1.109	5.345
Emissão de CO_2 por ônibus (kg/km)	1,043	1,041	1,043	1,041	1,045	-
Total de CO_2 real emitido (kg/km)	833,40	1.203,40	1.278,70	1.098,20	1.158,90	5.572,60

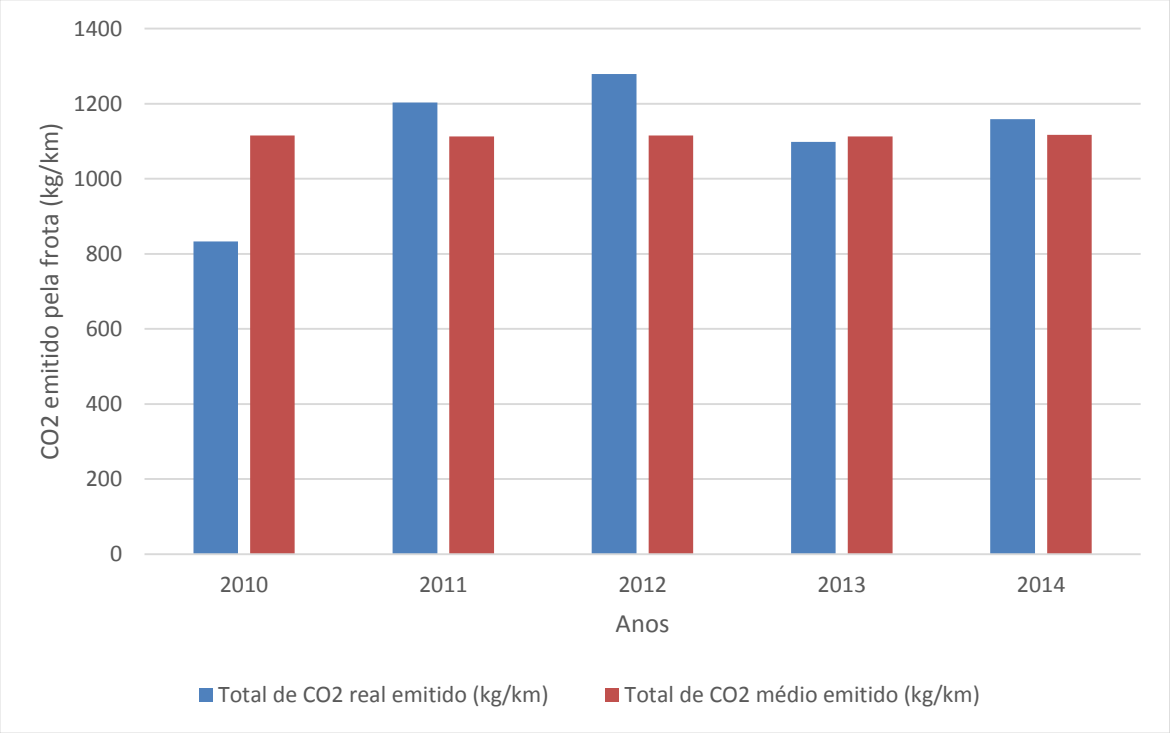
Fonte: autoria própria, 2017

Analisando a tabela 11 é possível verificar que o quantitativo de CO_2 emitido pela frota de ônibus por quilômetro rodado é alta, uma vez que a frota se mantém em movimento durante todos os dias do mês. Porém, a frota estudada representa apenas 0,2% da frota total da RMN.

Se nos concentrarmos no total de CO_2 médio emitido, não é observada evolução referente às atividades do programa com relação às emissões de CO_2, porém se observarmos a figura 12, com os dados comparativos referentes à emissão de CO_2 real e média pela frota de ônibus pesquisada, nota-se que houve evolução de 2011 para 2014.

O quantitativo total de 5.572,70 foi a estimativa do total de CO_2 médio emitido ao longo dos cinco anos pesquisados, por cada quilômetro percorrido pela frota.

Figura 12 - Emissão real e média de CO_2 (kg/km) pela frota estudada



Fonte: Autoria Própria (2017)

Analisando a figura 12 e a tabela 11, é possível aferir que 2010 foi o ano com menor emissão real de CO_2, porém o quantitativo da frota foi o mais baixo.

Quando olhamos para o ano de 2011 como ano base e comparamos com o ano de 2014, é possível observar que houve uma melhora na emissão de CO_2 de 1.203,40 $kgCO_2$/km para 1.158,90 $kgCO_2$/km. De maneira individualizada esta

melhora pode parecer baixa, mas quando se multiplica pela quilometragem anual rodada pela frota, este valor passa a ser mais expressivo.

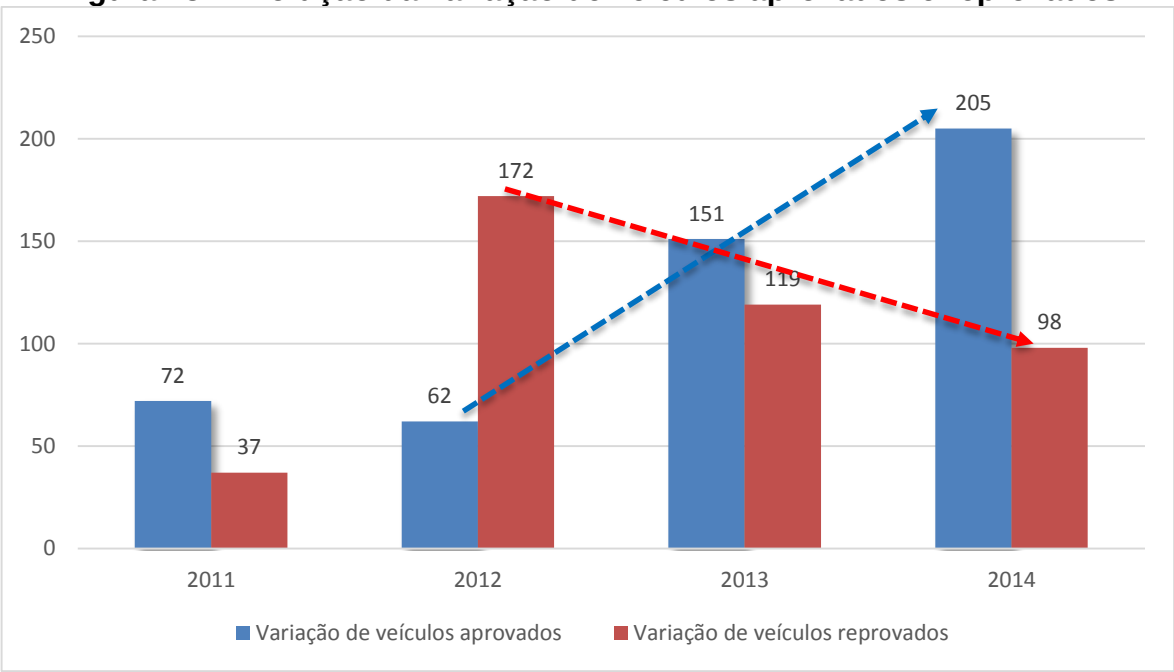
Em 2012 houve um aumento das emissões pois foi o ano onde aconteceu a aquisição de novos veículos para a frota estudada, tendo um maior quantitativo desses.

Sendo assim, pode-se afirmar que o Programa estudado possui impacto positivo e comprovado nas emissões de CO_2 para a atmosfera. Estes valores poderiam ser mais precisos se houvesse os dados reais da idade do motor, fabricante e ICC real de cada veículo aferido, porém esses dados não estão disponíveis para todos os ônibus considerados nesta pesquisa.

4.3 ANÁLISE DA FROTA REPROVADA QUE EVOLUIU PARA APROVADA NOS ANOS SEGUINTES

A partir da análise dos dados pode-se concluir que, dos 1.769 ônibus aferidos, 388 apresentaram mudança de resultado de aferição, passando de reprovado para aprovado em algum dos anos de estudo, quando comparado com o ano anterior. Entretanto, para esses mesmos veículos, o contrário também ocorreu. A figura 13 mostra a variação de aprovação e reprovação, ano a ano.

Figura 13 - Evolução da variação de veículos aprovados e reprovados

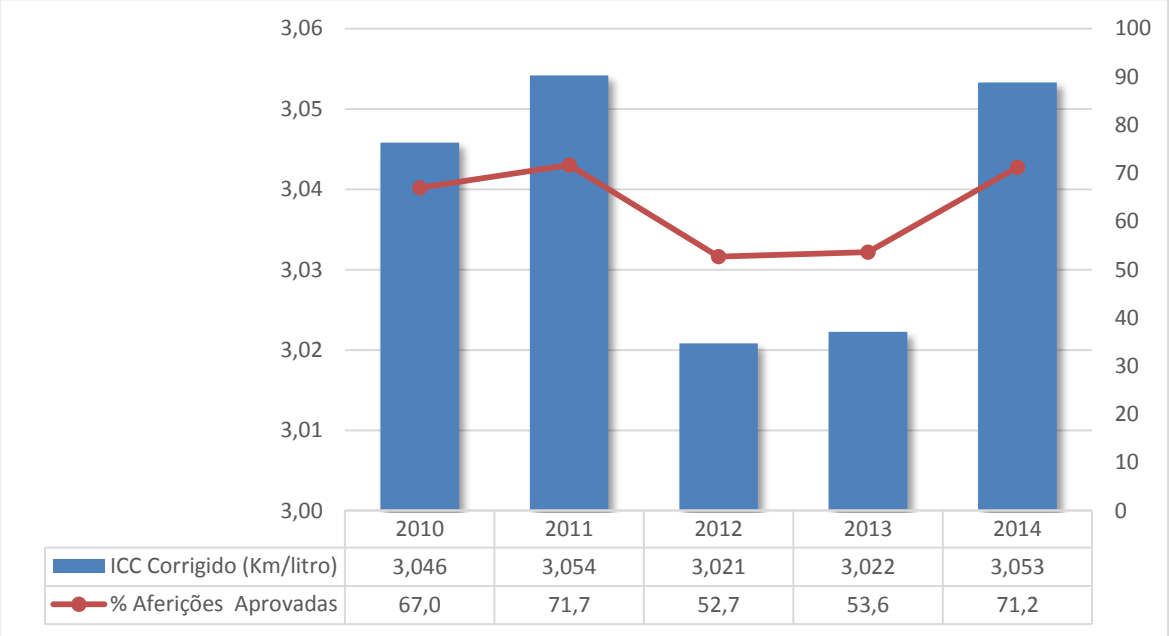


Fonte: Autoria Própria (2017)

Nota-se, porém, conforme a Tabela 13, que existe uma evidente tendência de crescimento dos números de mudanças para aprovação e uma diminuição do número de mudanças para reprovação.

Para esses 388 veículos foram realizadas análises com relação aos índices de aprovação e reprovação e o ICC médio apenas desses ônibus e verifica-se que quando se calcula o percentual de aprovação anual das aferições realizadas nesses 388 veículos e compara-se com o ICC médio realizado, percebe-se novamente uma correlação direta entre o ICC (Km/litro) com o percentual de aprovação, conforme se observa na Figura 14.

Figura 14 - Percentual da Frota Aprovada x ICC Anual dos veículos que evoluíram de reprovado para aprovado



Fonte: Autoria Própria (2017)

De um modo geral observa-se que ao aumentar o número de aferições o programa atinge um maior número da frota de veículos de transporte de passageiros e com isso promove às empresas participantes mudanças de posturas operacionais buscando a melhoria das emissões atmosféricas do setor de transporte. Essas aferições permitem, ao longo do tempo se ter informações sobre o controle da emissão atmosféricas por fontes móveis (veículos automotores) que está amplamente regulamentado pela legislação ambiental brasileira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos nesta pesquisa visam dar suporte cientifico na comprovação de que a utilização da rotina de aferições veiculares deve ser utilizada tanto em veículos particulares como no transporte coletivo urbano e o de carga, favorecendo os ganhos ambientais e financeiros.

Apesar de não haver dados de emissões atmosféricas provenientes de outros setores e que sirvam de comparação aos aqui publicados, pode-se afirmar que as quantidades de CO_2 emitidas pelos transportes urbanos de passageiros na RMN são importantes e, se calculada para transporte de carga, automóveis e motocicletas, pode-se constatar que são elevadas, devido ao alto índice de motorização e à crescente evolução exponencial da frota de veículos.

O Programa Despoluir tem um impacto positivo na redução de consumo de combustível e nas emissões de poluentes atmosféricos, uma vez que tem apresentado resultados positivos nas aprovações de veículos em suas aferições, havendo hoje uma tendência em diminuir a cada ano de atuação o número de ônibus reprovados.

Apesar da emissão de CO_2 e da variação de aprovação dos ônibus nas aferições terem tido um aumento nos anos de 2012 e 2014, estes mesmos anos apresentaram um número de aferições maior, de modo que, quantitativamente, este resultado não foi negativo. O ICC está intrinsecamente relacionado com esses dados de emissão de CO_2.

Sendo assim, pode-se concluir que a emissão de CO_2 está, comprovadamente, inversamente relacionada com a variação do percentual de aprovação da frota, como pode-se observar nos gráficos de variação de % de aprovação e de emissão de CO_2, bem como no gráfico de correlação apresentados no capítulo 4.

Apenas a frota de ônibus tem um programa para redução de materiais particulados e emissões atmosféricas provenientes de fontes móveis, tendo comprovadamente um impacto positivo na redução das emissões deste alvo.

As propostas de políticas públicas voltadas para a qualidade ambiental do ar, com o foco nas fontes móveis, devem incluir os automóveis particulares e

motocicletas, uma vez que esta categoria de veículos representa o maior percentual de veículos que rodam na RMN. Os ônibus representam apenas 0,33% da frota total da RMN e transporta vários passageiros, enquanto motocicletas transportam no máximo duas pessoas e automóveis transportam entre 4 e 7 pessoas. Sendo assim, a maior contribuição nas emissões atmosféricas por veículo da RMN é por parte de veículos leves e motocicletas.

A frota pesquisada corresponde a um percentual de 0,2% da frota veicular total da RMN e é responsável por emitir uma média de 1.115 kg de CO_2 por cada quilômetro rodado por ano. Portanto, se 0,2% é responsável por este quantitativo de emissão de CO_2 para a atmosfera e possui um programa de controle das emissões, pode-se inferir que os outros 99,8% da frota veicular da RMN tem uma contribuição proporcional a sua representatividade no cenário veicular da área estudada.

Outra recomendação para a redução das emissões desses poluentes é o estímulo da sociedade e do poder público para investimento e maior uso do transporte público e o aumento do uso de biodiesel, além do estímulo do uso de etanol e outros combustíveis menos poluentes, o que corrobora com a recomendação de que as políticas públicas voltadas para as emissões atmosféricas de fontes móveis sejam voltadas para os automóveis e motocicletas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. O.; SILVA, G. M. M.; RODRIGUES, K. A.; ARAÚJO, R. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; **Perfis das emissões instantâneas (CO, NO e SO2) derivadas de veículos ciclos otto e diesel para diferentes tipos de combustível e condições de rotação do motor**, p. 7299-7306 . In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014 [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]. São Paulo: Blucher, 2015. ISSN 2359-1757, DOI 10.5151/chemeng-cobeq2014-0577-24872-175145

ALBUQUERQUE, M.H.O. **Determinação da concentração de metais no material particulado (PM10 e PM2,5) do ar atmosférico em uma área urbana da cidade do Natal-RN.** 2013. 115p. Dissertação (Mestrado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2013.

ALVES, E. M., RODRIGUES C., BRAGA, A., MIRANDA, M., NASCIMENTO, N. C., SALDIVA, P. H. N. 2014. **Monitoramento Da Qualidade Do Ar No Brasil**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade.

ANFAVEA. Planilha: Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. 2012. Disponível em < http://www.anfavea.com.br/estatisticas-2012.html>. Acesso em 13 de novembro de 2016.

ANTT – **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas**. Núcleo de Meio Ambiente, Agência Nacional de Transportes Terrestres. Brasília, p.17. 2012

ARBEX, M.A.s.; CONCEIÇÃO, G.M.; CENDON, S.P; ARBEX, F.F.;LOPES, A. C.; MOYSÉS, E.P. Urban air pollution and chronic obstructive pulmonary disease-related emergency department visits. **J Epidemiol Community Health**. v. 63, n. 10, p. 777-83, 2009. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1136/jech.2008.078360> Acesso em 12 jun 2016.

ARBEX, M.A.; SANTOS, U.P.; MARTINS, L.C.; SALDIVA, P.H.N.; PEREIRA, L.A.A.; BRAGA, A.L.F. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia,** v. 38, p. 643-655, 2012.

BARTH, M.; BORIBOONSOMSIN, K. Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 14, n. 6, p. 400-410, 2009b.

BARTH, M.; BORIBOONSOMSIN, K. Real-World Carbon Dioxide Impacts of Traffic Congestion. **Transportation Research Record**, n. 2058, p. 163-171, 2008.

BENTO, M. H. S.; BARRETO, P. L.; GODOY, L. P.; SCHMIDT, A. S.. Efeitos da poluição do ar causada por veículos automotores na saúde humana e no meio ambiente. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Paraná, v.04, n 3, p 19-34. Dez, 2012. Disponível em: http://www.revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/article/view/114. Acessado em 25 de maio de 2016

BOYCHUK, P.; BOYCHUK, KH; NAHORSKI, Z. HORABIK, J. Spatial inventory of greenhouse gas emissions from the road transport in Poland. **Econtechmod. an International Quarterly Journal,** v. 01, n. 04, p. 09-15, 2012.

BRANCO, F C ; BRANCO, G. M. . **Benefícios ambientais e resultados do programa de inspeção e manutenção de São Paulo**. In: XXI SIMEA Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva, 2013, São Paulo. XXI SIMEA Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva. São Paulo: AEA, 2013.

BRANCO, G. M.; BRANCO, F. C.; SZWARC, A.; FARAH, E. L.;. **Redução da emissão evaporativa do veículo em movimento e no reabastecimento de combustível**. Blucher Engineering Proceedings. Número 2, Volume 1. Agosto de 2014.

BRASIL. Decreto-Lei Nº 1.413, de 14 de Agosto de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, 14 de ago de 1975. Disponível em < http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=122915> Acesso em: 13 mar. 2016.

_____ Portaria MINTER nº 100, de 14 de julho de 1980. Dispõe sobre a emissão de fumaça por veículos movidos a óleo diesel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, 22 ago. 1980. Disponível em: < http://www.ctpconsultoria.com.br/pdf/Portaria-MINTER-100-de-14-07-1980.pdf> Acesso em: 13 mar. 2016.

_____ Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 02 de set. 1981. Disponível em < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313 > Acesso em: 21 de set. 2016.

_____ Resolução CONAMA n. 18, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 jun. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA _RES_CONS_1986_ 018. pdf>. Acesso em: 13 mar. 2016.

_____ Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

_____ Resolução CONAMA n. 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, 22 ago. 1990. Disponível em: < http://www.mma. gov.br/port/conama/legiabre.cfm? codlegi=100> Acesso em: 13 mar. 2016.

_____. Lei n. 8.723 de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. **Diário Oficial da**

República Federativa do Brasil, Brasília, 28 de outubro de 1993. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8723.htm> Acesso em: 05 de maio de 2016.

_____ LEI Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, 30 de set. de 1997. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm> Acesso em: 13 mar. 2016.

_____ Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, 12 de fev. 1998. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm> Acesso em: 13 mar. 2016.

_____ Resolução CONAMA n. 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, 25 nov. 2009. Disponível em < http://www.mma.gov.br/ port/conama/legiabre.cfm?codlegi=618> Acesso em: 13 mar. 2016.

_____ Lei n. 12.587, de 03 de janeiro 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1o de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, 04 jan. 2012. Disponível em < http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12587-3-janeiro-2012-612248-normaatualizada-pl.pdf> Acesso em: 13 mar. 2016.

_____ Fatores de emissão de CO2 pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2013. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/74694.html>. Acesso em: mai. 2017

_____ Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluição Atmosférica – VIGIAR. Ministério da Saúde, 2016. Disponível em <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2016/novembro/23/Unidade-Sentinela-Uma-estrategia-do-VIGIAR-para-subsidiar-a-promocao-da-saude-da-popula----o-exposta.pdf> Acesso em fev. 2017.

BRITO, H. P. **Análise das emissões atmosféricas por veículos automotores em Natal-RN**. Natal, RN: 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

CARVALHO, C.H.R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros.** Brasília: Livraria do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2011. CETESB. Disponível em <http://veicular.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em Jul. 2016.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Emissões veiculares no estado de São Paulo**. 2015. Coordenação técnica Marcelo Pereira Bales; Elaboração Antônio de Castro Bruni [*et al.*]. São Paulo: CETESB, 2016. 214 p. Serie Relatórios. Disponível em < http://veicular.cetesb.sp.gov.br/relatorios-e-publicacoes/>. Acesso em 04 de jun.2016.

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

COLVILE, R.N.; HUTCHINSON, E.J.; MINDELL, J.S.; WARREN, R.F. The transport sector as a source of air pollution. **Atmospheric Environment**, v.35, p. 1537-1565, nov. 2001.

COLVILE, R.N.; KAUR, S.; BRITTER, R.; ROBINS, A.; BELL, M.C.; SHALLCROSS, D.; BELCHER, S.E. Sustainable development of urban transport systems and human exposure to air pollution. **Science of the Total Environment** v. 334–335, p. 481–487, 2004.

CONATRAN - CONSELHO NACIONAL DE TRANSITO. Resolução nº 340, 25 de fevereiro de 2010. Referenda a Deliberação 86 que altera a Resolução CONTRAN nº 146/03, estabelecendo critérios para informação complementar à placa R-19. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, 01 mar. 2010. Disponível em < http://www.camara.gov.br/sileg/integras/965700.pdf> Acesso em: 13 mar. 2016.

CONTROLAR. Relatório Anual Controlar. 2011. Disponível em <http://www.controlar.com.br>. Acesso em: 13 mar. 2016.

COSTABILE, F.; ALLEGRINI I. A new approach to link transport emissions and air quality: An intelligent transport system based on the control of traffic air pollution. **Environmental Modelling & Software**. v. 23, p. 258-267, 2008.
DAVIS, N. *et al.* Part 3: Developing Countries: Development and Application of na International Vehicle Emissions Model. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 1939, n. 1, p. 155-165, 2005

DAPPER, S.; SPOHR, N.; ZANINI, C.; RUVIARO, R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estud. av., São Paulo,** v. 30, n. 86, p. 83-97, abril 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-401420160001 00083&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 dez. 2016.

DESPOLUIR. Portfólio do Programa Ambiental do Transporte. 2014. Disponível em <http://www.cntDespoluir.org.br/Documents/PDFs/Portfolio%20Despoluir_portugues.pdf>. Acesso em 13 jun. 2015.

_____ Transporte e Meio Ambiente. 2007 Disponível em <http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/transportemeioambiente.pdf> Acesso em set. 2015

DETRAN-RN. 2016. Disponível em: <http://www2.detran.rn.gov.br/externo/est_tipo.asp?codcidade=1761> Acesso em 19 mar 2016

DIVYA E.; SURENDRAN, F.; SACHIN D.; GHUDE, G.; BEIG, CHINMAY JENA, D.M. CHATE. Quantifying the sectoral contribution of pollution transport from South Asia during summer and winter monsoon seasons in support of HTAP-2. **Experiment. Atmospheric Environment**, v. 145, p. 60-71, 2016.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A.E.; FERNANDES, G.D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M.S.; KEMERICH, P.D.C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 18, n. 1, p. 66, 2014.

DUARTE, E. S. F. **Análise e caracterização do material particulado atmosférico fino em uma região metropolitana de Natal-RN.** 2016. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

FAMELI, K.M.; ASSIMAKOPOULOS, V.D. Development of a road transport emission inventory for Greece and the Greater Athens Area: Effects of important parameters. **Science of The Total Environment**, v. 505, p. 770-786, 2015.

FETRONOR. Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Nordeste. 2014. Disponível em <http://www.fetronor.com.br/Despoluir/o-programa>. Acesso em 05 jan. 2016

FIERN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Rio Grande do Norte: Indicadores Básicos e Indústria. Disponível em: http://www2.fiern.org.br/images/pdf/monitor_economico/desempenho_industria/RN_2013_perfil_resumido_23.pdf. Acesso em jul. 2015.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOUVEIA, N. *et al.* Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, Dec. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001200016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 14 jun 2016.

GRAHAM, L. A. *et al.* Greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 19, p. 4665-4681, 2008.

JACONDINO, G. B.; CYBIS, H. B. B. Análise do efeito da agregação das variáveis

do tráfego a estimativa de emissões veiculares. In: SEMANA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES, 3., 2003, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2003. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/art_cybis18.pdf . Acesso em: 25 jun. 2017.

LISBOA H. M. e KAWANO M. **Controle da Poluição atmosférica. Cap. IV monitoramento de poluentes Atmosféricos**. dez 2007. Disponível em: < http://repositorio.asces.edu.br/jspui/bitstream/123456789/418/7/Cap%204%20Monitoramento%20de%20poluentes%20atmosf%C3%A9ricos.pdf> Acesso em: 11 jun. de 2016.

LOUREIRO L. N.; **Panorâmica Sobre Emissões Atmosféricas Estudo De Caso: Avaliação Do Inventário Emissões Atmosféricas da Região Metropolitana Do Rio De Janeiro Para Fontes Móveis**. Tese Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

MAIMOUN M., A. *et al.* Emissions from US waste collection vehicles. **Waste Management**, v. 33, n. may 2013, p. 10, 2013.

MCT, 2010. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

MENDES, A. P. F. **Uma avaliação do impacto ambiental no Brasil: Poluição do ar e mortalidade**. 1993. Dissertação de mestrado em Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

MENDES, F.E. **Avaliação de programas de controle de poluição atmosférica por veículos leves no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Estratégico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Compromisso pela Qualidade do Ar e Saúde Ambiental. 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/compromisso2_163.pdf> Acesso em 20 dez 2015.

NESAMANI, K.S. Estimation of automobile emissions and control strategies in India. **Science of the Total Environment**, v.408, p. 1800–1811, 2010.

NORGATE, T.; HAQUE, N. The greenhouse gas impact of IPCC and ore-sorting technologies. **Minerals Engineering**, v. 42, p. 8, 2013.

OMS. Organização Mundial da Saúde, 2014. Disponível em <http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/#> Acesso em 18 abr 2016.

PARADA, C.; FABIANI, M.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G. O biodiesel na matriz energética veicular brasileira. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 12, n. 1, p. 94-111, 2012.

PEREIRA JR., José de Sena. **Legislação brasileira sobre poluição do ar**. Brasília:

Câmara dos Deputados, 2007.

PETROA, F.; KONEČNÝA, V. Calculation of emissions from transport services and their use for the internalisation of external costs in road transport. **Procedia Engineering**, v. 192, p. 677 – 682, 2017.

PROCONVE – **Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores**. 2010. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf> Acesso em jul de 2015

RAMACHANDRA, T.V.; SHWETMALA. Emissions from India's transport sector: Statewise synthesis. **Atmospheric Environment**, v. 43, p. 5510–5517, 2009.

RHIND, S. M. Anthropogenic pollutants: a threat to ecosystem sustainability? ***Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci,*** v. 364, p. 3391-3401, 2009.

RIBEIRO, S.K., MATTOS, L.B.R. A importância do setor de transporte rodoviário no aquecimento global – caso da cidade do Rio de Janeiro. 2005. Disponível em http://www.cntdespoluir.org.br/Documents/PDFs/anpet_emiss%C3%B5es.pdf>, acesso em 25 jan. 2016.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução a química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

RODRIGUES, M. T. *et al.* Avaliação e Caracterização dos Padrões de Poluentes Emitidos pelo Transporte Coletivo de Maceió – AL. Revista Geografia em Atos. Departamento de Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, n. 13, v.2, julho a dezembro de 2013, p. 1-9.

ROMAN A, O. *et al.* Aumento del riesgo de consultas cardiovasculares por contaminación atmosférica por partículas: Estudio en la ciudad de Santiago. **Rev Chil Cardiol,** Santiago, v. 28, n.2, p. 159-164 Aug. 2009. Available from <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-85602009000200003&lng=en&nrm=iso>. access on 07 July 2017.

ROMAN, V. V. L. *et al.* Efeitos de poluentes do ar e doenças respiratórias utilizando dados estimados por modelo matemático..**Rev. Ambient. Água**, v. 10, n. 4, p. 825-831, dez. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script =sci_arttext&pid=S1980-993X2015000400825&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 15 jan. 2017. http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1592.

SALDIVA, P.; BRAGA, A.; BÖHM, M. G.; AMADOR, L. A.; Poluição Atmosférica e saúde humana. **REVISTA USP**, São Paulo, n.51, p. 58-71, set/nov., 2001.

SILVA NETO, C. M.; CARNEIRO, V. A.; PEREIRA, L. S.; GONÇALVES, B. B. A sazonalidade da poluição do ar por fonte fixa de mineração no nordeste goiano. **Revista Percurso**, v. 6, n. 2, p. 155- 173, 2014.

SILVA, C. M. S. ; SANTO, A. R. S. E. . Perspectivas da qualidade do ar na cidade de

Natal-RN Vol.5 Nº5**. Parque da cidade em Revista** , v. 5, p. 18-23, 2016.

SIRKIS, **A. Ecologia Urbana e poder local**. 3ª ed adaptada. Rio de Janeiro: Tix, 2010. 264p.

SOUZA, R.C.; SILVA, M. F.; JUSTINA, E.E.D. Escala de Ringelmann na avaliação da fumaça emitida pela frota de ônibus urbano de Porto Velho, Rondônia. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 59, p. 279–293, 2016.

TAVARES, J. L. *et al.* Estratégias para o Controle de Emissões Gasosas da Frota de Ônibus Urbanos do Município do Natal - RN. In: XIII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2008, Belém - Pará - Brasil. Anais do XIII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: Editora da ABES, 2008.

TAVARES, J. L.; FERREIRA, A. G. Mensuração das emissões de poluentes atmosféricos de origem veicular na cidade de Natal/RN. In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012, Palmas - TO.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 31, n. 2, p. 244-248, 2008 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo .php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000200010 &lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02 jun. 2016.

TEOLDI, F.; LODI, M.; BENFENATI, E.; COLOMBO, A.; BADERNA, D. Air quality in the Olona Valley and in vitro human health effects. **Science of The Total Environment**, v.579, p. 1929-1939, 2017.

VILLAÇA, F.J.M. **O espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo, SP. Studio Nobel Editora, 373 p. 1998.

WALLERIUS, H.C. Renovação da frota de caminhões como medida de mitigação de emissões de poluentes atmosféricos. Tecnologia, v.5, n. 2, p. 163-179, 2016.

YANG, C. *et al.* Meeting an 80% reduction in greenhouse gas emissions from transportation by 2050: A case study in California. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 14, n. 3, p. 147-156, 2009.

ZHITENKO, L.P.; KISELEVA, I. N.; KHOMUTOVA, E. G. Methods for Studying Anthropogenic Environmental Pollution ith Platinum Group Metals (Review). **Inorganic Materials.** v. 52, n. 14, p. 5 -11, 2016.