



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Trabalho de Licenciatura em Engenharia do Ambiente

**INVENTÁRIO DE EMISSÕES VEICULARES NA REGIÃO
METROPOLITANA DE MAPUTO**

Autor:

Dânio António Nhangal

Supervisor:

Mestre. Bento Inácio Cambula

Maputo, Novembro de 2023

Discente:

Dânio António Nhangal

INVENTÁRIO DE EMISSÕES VEICULARES NA REGIÃO METROPOLITANA DE MAPUTO

Trabalho de Licenciatura apresentado à Faculdade de Engenharia da UEM, como requisito básico para a conclusão do Curso de Engenharia do Ambiente

Supervisor:

Mestre. Bento Inácio Cambula

Chefe do departamento

Prof. Dr. Clémencio Nhantumbo Eng.º

Maputo, Novembro de 2023



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____
entregou no dia ____/____/20____ as _____ cópias do relatório do seu Trabalho de
Licenciatura com a referência: _____ Intitulado

Maputo, _____ de _____ 20 _____
A chefe da Secretaria

Declaração de Honra

Eu, Dânio António Nhangal, declaro por minha honra que o presente Trabalho de Licenciatura com o tema “**Inventário de Emissões Veiculares na Região Metropolitana de Maputo**” é integralmente da minha autoria e fruto da minha pesquisa, as experiências realizadas, as análises e interpretação dos resultados foram por mim efectuadas, onde foram colocadas todas as referências bibliográficas e fontes por mim utilizadas para a realização do trabalho. Declaro também que nunca foi submetido nesta e em outras instituições do ensino superior para obtenção de qualquer grau académico ou qualquer fim que seja.

Maputo, Novembro de 2023

O autor

(Dânio António Nhangal)

Dedicatória

***Em Memória de
Josina Simbine e Nélia Machava “Neló”***

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer a Deus por tudo que tenho e sou. A minha família em especial aos meus pais pelo suporte e apoio incansável.

Aos meus irmãos, Joaquim Nhangal, José Nhangal e shaquila Nhangal, Yolanda Cossa, aos meus sobrinhos, Celeste, Kay e Dany e ainda a minha cunhada e mãe Lina. Ainda um forte e especial agradecimento a minha namorada Ancha Manhiça pelo suporte.

Um especial agradecimento ao melhor supervisor de sempre o professor Bento Cambula por ter aceitado trabalhar comigo nesse tema e ainda pela paciência e conhecimentos que transmitiu para mim durante esse processo.

Ao meu tio o eng. Abel Massano e a minha tia Maria siteo Massano meu eterno agradecimento por todo suporte material, motivacional e ainda como uma inspiração como pessoa e profissional.

Agradecer ao incrível casal de tios Angelina Machava Tembe e Narciso Tembe pelo apoio e suporte constante, as minhas tias Maria e Emília Machava, meus eternos agradecimentos.

Agradecer aos meus avós Angelina mazanga, Lucia Machava. Adelino Zaia e Luisa Zaia

Aos meus Colegas em especial a Orlando, Zú, Dinho, Da silva, Neidy, Eive, Nhuana, Milene, Raul, Jemima, Irmalyn, Flora, Lucinda, Anita e a todos que estiveram do meu lado nessa caminhada.

Ao Dr. Narane do ministério dos transportes e comunicação, Sr. Edilio Matsina e a Sra. Balbina Sendela da agencia Metropolitana dos transportes de Maputo, endereço meus agradecimentos.

Ainda agradeço a todo departamento de engenharia Química da UEM e pôr fim a todos que participaram directamente e indirectamente nessa caminhada, OBRIGADO.

O valor das coisas não está no tempo em que elas levam a acontecer, mas na intensidade com que acontecem, por isso existem coisas inexplicáveis, momentos inesquecíveis e pessoas incomparáveis. Fernando pessoa

RESUMO

No mundo e particularmente em Moçambique, o sector dos transportes tem sido associado ao aumento das emissões de poluentes atmosféricos, com os consequentes problemas para o meio ambiente. Este estudo, teve como principal objectivo, demonstrar a contribuição dos veículos automóveis na emissão de poluentes atmosféricos na região metropolitana de Maputo e os respectivos impactos na saúde pública.

A determinação das emissões de poluentes atmosféricos veiculares foi baseada na técnica da inventariação das emissões e foram estimadas as emissões de CO, NO_x, HC, MP, CO₂ e N₂O. Os valores da quantificação em toneladas foram 3.037 de CO, 12.559 de NO_x, 345,109 de HC Totais, 7.534.203 de CO₂, 402 de MP e 402,53 de N₂O. Os veículos de ciclo Diesel apresentaram emissões mais significativas de poluentes atmosféricos, sobretudo de NO_x, MP, CO₂ e N₂O, enquanto que os veículos ciclo Otto tem elevadas emissões de HC Totais.

A elevada exposição a esses poluentes nomeadamente, CO provoca tontura, inconsciência e morte, aos NO_x aumentar a suscetibilidade a infecções respiratórias de doenças respiratórias, principalmente asma, aos MP provoca morte prematura em pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, ataques cardíacos não fatais, aumento dos sintomas respiratórios, aos HC Totais provoca dores de cabeça e alguns são tidos como cancerígenos e quanto ao CO₂ e N₂O os seus impactos não refletem directamente a saúde pública mas ao aquecimento global.

Para controlar o nível dessas emissões pode se recorrer a alguns métodos dos quais destacam-se, programas de inspeção e manutenção dos veículos, políticas económicas e mais.

Palavras-Chaves: Poluentes Atmosféricos. Emissões Veiculares. Quantificação de Poluentes. Região Metropolitana de Maputo.

ABSTRACT

Around the world and particularly in Mozambique, the transport sector has been associated with increased emissions of atmospheric pollutants, with consequent problems for the environment. This study's main objective was to demonstrate the contribution of motor vehicles to the emission of air pollutants in the metropolitan region of Maputo and the respective impacts on public health.

The determination of vehicle air pollutant emissions was based on the emissions inventory technique and the emissions of CO, NO_x, HC, PM, CO₂ and N₂O were estimated and the quantification. The values in tons were 3,037 of CO, 12,559 of NO_x, 345.109 of HC_{Total}, 7,534,203 of CO₂, 402 of MP and 402.53 of N₂O. Diesel cycle vehicles had more significant emissions of air pollutants, especially NO_x, PM, CO₂ and N₂O, while Otto cycle vehicles have high HC_{Total} emissions.

High exposure to these pollutants, namely, CO causes dizziness, unconsciousness and death, to NO_x increases susceptibility to respiratory infections and respiratory diseases, mainly asthma, to PM causes premature death in people with heart or lung diseases, non-fatal heart attacks, increased of respiratory symptoms, HC_{Totals} causes headaches and some are considered carcinogenic and as for CO₂ and N₂O, their impacts do not directly reflect public health but rather global warming. To control the level of these emissions, some methods can be used, including vehicle inspection and maintenance programs, economic policies and more.

Key-words: Atmospheric Pollutants. Vehicle Emissions. Quantification of Pollutants. Maputo Metropolitan Region.

Índice

Dedicatória.....	i
Agradecimentos	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas.....	vii
Lista de Equações.....	viii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Gráficos	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.2. OBJECTIVOS.....	4
1.2.1. Objectivo Geral	4
1.2.2. Objectivos Específicos	4
1.3. HIPÓTESES.....	4
1.4. METODOLOGIA.....	5
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	6
2. REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1. EMISSÕES VEICULARES- VISÃO GERAL.....	7
2.2. A ORIGEM DO PROBLEMA: OS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA (MCI).....	7
2.3. FORMAÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES	10
2.3.1. Emissão pelo Escapamento	12
2.3.2. Emissões Evaporativas.....	13
2.3.3. Emissões de gases do carter do motor.....	14
2.3.4. Emissões de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem. 14	
2.3.5. Ressuspensão de partículas de poeira do solo.....	15
2.4. COMPOSTOS EMITIDOS PELOS VEÍCULOS	16
2.5. FACTORES QUE INFLUENCIAM NO NÍVEL DAS EMISSÕES VEICULARES.....	22

2.6. PARQUE AUTOMÓVEL NA REGIÃO METROPOLITANA DE MAPUTO	26
2.7. MEDIDAS DE CONTROLO E REDUÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES EM GRANDES METRÓPOLES	27
2.7.1. LEGISLAÇÃO MOÇAMBICANA DE CONTROLO DE EMISSÕES EM FONTES MÓVEIS	31
3. METODOLOGIA	32
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.1.1. ÁREA METROPOLITANA DE MAPUTO	32
3.2. INVENTARIAÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES	34
3.2.1. CÁLCULO DAS EMISSÕES	35
3.2.1.1. EMISSÕES DE ESCAPAMENTO	35
a. ESTIMATIVA DA FROTA CIRCULANTE	36
b. INTENSIDADE DE USO	40
c. FACTOR DE EMISSÃO	42
3.2.1.2. EMISSÕES EVAPORATIVAS	45
4. RESULTADOS	46
4.1. MEDIDAS DE CONTROLO E REDUÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES NA REGIÃO METROPOLITANA DE MAPUTO	55
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	58
5.1. CONCLUSÕES	58
5.2. RECOMENDAÇÕES	60
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS.....	671

Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas

AMT	-Agencia Metropolitana dos Transportes de Maputo
AMM	- Área Metropolitana de Maputo
BEV' s	- Veículos Elétricos a Bateria
CNG	- Gás Natural Comprimido
CO	- Monóxido de carbono
CO ₂	- Dióxido de Carbono
DNHC	- Direcção Nacional de Hidrocarbonetos e Combustível
g/km	- Gramas por Quilometro
GNV	- Gás Natural Veicular
HC	- Hidrocarbonetos não metano
I/M	- inspeção/Manutenção
MBM	- Matola, Boane e Marracuene
MCI	- Motores de Combustão Interna
MDL	- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MP	- Material Particulado
N ₂ O	- Oxido Nitroso
NO _x	- Óxidos De Nitrogénio
O ₃	- Ozono
PMI	- Ponto Morto Inferior
PMS	- Ponto Morto Superior
Ppm	- Partes por milhão
AMM	- Região Metropolitana de Maputo
SO _x	- Óxidos de enxofre
SQOVNM	- Substâncias Químicas Orgânicas Voláteis não Metil

Lista de Equações

Equação 1: Processo de combustão completa.....	16
Equação 2: Processo de combustão incompleta.....	16
Equação 3: Calculo de emissões por escapamento.....	35
Equação 4: Cálculo da frota circulante	37
Equação 5: Intensidade de uso ajustada	40
Equação 6: Conversão dos factores de emissão de g/kWh para g/km	43
Equação 7: Conversão dos factores de emissão de g/kWh para g/km	44
Equação 8: Calculo de emissões evaporativas	45

Lista de Tabelas

Tabela 1: Compostos emitidos pelos veículos e seus efeitos.....	16
Tabela 2: Limites de emissão veicular por escapamento	31
Tabela 3: Poluentes incluídos no Inventário.....	35
Tabela 4: Categorização dos veículos.Adaptado de (Cetesb, 2021) & (MTC)	36
Tabela 5: Estimativa da Frota Circulante. (Autor).....	39
Tabela 6: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/80.000km. (Cetesb, 2021).....	44
Tabela 7: Estimativas da emissão veicular na região metropolitana de Maputo em 2021. 46	
Tabela 8: Estimativa de emissões evaporativas.....	52
Tabela 9: Aplicabilidade das medidas de controle e redução a AMM. (Autor).....	56

Lista de Figuras

Figura 1: Funcionamento do motor pelo ciclo Otto. (Milhor, 2002)	8
Figura 2: Funcionamento do motor pelo ciclo diesel. (Kislansky, 2017)	10
Figura 3: Emissão de carbono por sectores de actividade. (Manzoli, 2009)	11
Figura 4: Diferentes tipos de emissões. (Drumm et al., 2014).....	12
Figura 5: Evolução da População da AMM (1997 - 2017). (Machanguana, 2020)	32

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Taxa de sobrevivência das categorias dos veículos. Adaptado de (Lopes et al., 2010).	38
Gráfico 2: Evolução da Frota Circulante Região Metropolitana de Maputo por categorias. (Autor)	40
Gráfico 3: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Otto. Adaptado de (Cetesb, 2013).....	41
Gráfico 4: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel. Adaptado de (Cetesb, 2013).....	42
Gráfico 5: Contribuição reactiva de cada categoria na emissão de poluentes na região Metropolitana de Maputo em 2021	47
Gráfico 6: Contribuição das categorias de veículos na emissão de monóxido de Carbono na região Metropolitana de Maputo em 2021	48
Gráfico 7: Contribuição das categorias de veículos na emissão de óxidos de Nitrogénio na região Metropolitana de Maputo em 2021	49
Gráfico 8: Contribuição das categorias de veículos na emissão de material Particulado na região Metropolitana de Maputo em 2021	50
Gráfico 9: Contribuição das categorias de veículos na emissão de dióxido de Carbono na região Metropolitana de Maputo em 2021	51
Gráfico 10: Contribuição das categorias de veículos na emissão de oxido nitroso na região Metropolitana de Maputo em 2021	52
Gráfico 11: Contribuição reactiva na emissão HC _{Total} por origem e categoria na região Metropolitana de Maputo em 2021.....	53
Gráfico 12: Contribuição das categorias de veículos na emissão de HT _{Total} na Região Metropolitana de Maputo em 2021	54
Gráfico 13: Evolução Temporal das emissões de poluentes na região Metropolitana de Maputo	55

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais que mais reduzem o nível de qualidade de vida. Os efeitos nocivos da degradação da qualidade do ar são percebidos pela população através de problemas de saúde, deterioração de instalações urbanas e depreciação de bens naturais. Em áreas urbanas não industriais, o transporte rodoviário é o principal responsável pela alta quantidade de poluentes lançados na atmosfera (Ariotte, 2010).

As emissões veiculares são geradas através das várias reacções químicas que ocorrem no interior dos motores de combustão interna. Estes compostos são os principais responsáveis pela degradação do ar atmosférico, o que resulta em uma perda da qualidade de vida de todos os habitantes (problemas respiratórios, degradação de estruturas), principalmente nos grandes centros urbanos. A emissão de poluentes gerada pelos veículos também é responsável por problemas de maior magnitude relacionados a mudanças climáticas (Jacondino, 2005).

Esses problemas levaram os países da Organização das Nações Unidas a estabelecerem um acordo para controlar as intervenções humanas no clima. Este acordo foi aprovado em Kyoto, no Japão, em dezembro de 1997 e entrou em vigor em fevereiro de 2005. O Protocolo de Kyoto determina que países desenvolvidos signatários reduzam suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em pelo menos 5,2% até 2012, em relação aos níveis de 1990 (NATIONS, 1997). Outros acordos mais recentes têm ocorrido com o objectivo de definir metas de redução de emissões para horizontes futuros, como a COP 15 (15ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima), realizada na Dinamarca em dezembro de 2009 (*Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. | UNFCCC, 25 de abril de 2023.).

De acordo com a União Europeia COMMISSION (2009), o tráfego rodoviário é responsável por 63% do Monóxido de Carbono (CO), 39% dos Hidrocarbonetos (HC), 47% dos Óxidos de Nitrogénio (NO_x) e 29% do Dióxido de carbono (CO₂) lançados na atmosfera. Medidas como a inovação tecnológica dos veículos e o uso de combustíveis

mais limpos têm contribuído para uma significativa redução das emissões veiculares por quilómetro viajado.

Entretanto, a elevada taxa de motorização, principalmente pelo transporte individual, tem provocado crescentes congestionamentos e, por consequência, a redução da velocidade média do tráfego e o aumento dos tempos de deslocamento, do consumo de combustível e da poluição sonora e atmosférica. Embora o avanço tecnológico das últimas décadas tenha contribuído para o desenvolvimento de motores menos poluentes, o aumento da frota veicular acarretou altos índices de emissões. O crescimento acelerado da frota de veículos circulante e a deficiência dos programas de inspeção e manutenção de veículos são os principais factores responsáveis pelo aumento nos níveis de emissões em grandes centros urbanos (Ariotte, 2010).

Em Moçambique apesar da actual preocupação com a qualidade do meio ambiente, a questão das emissões a nível veicular ainda não tem o mesmo tratamento que nos outros países prova disso é que são poucos os estudos realizados sobre esta temática.

De acordo com o secretario permanente do Ministério dos Recursos Minerais e Energia (MIREME) em entrevista com o jornal notícia no dia 03/09/2018, a possível solução desse problema seria a adopção do uso de carros eléctricos (MIREME Considers Recent Cars Less Polluting for the Environment - The Country - The Truth as News, 25 de abril de 2023).

Portanto, baseando se no contexto acima e, além disso, na escassez de estudos de estimativa de poluentes atmosféricos provenientes de emissões veiculares nas metrópoles moçambicanas, o presente trabalho tem como objectivo demonstrar a contribuição dos veículos automóveis na emissão de poluentes atmosféricos na região metropolitana de Maputo tendo 2021 como ano base.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Um dos recursos naturais mais afectados pela poluição é o ar atmosférico e a preocupação com a poluição deste vem aumentando devido ao crescimento das grandes cidades e ao aquecimento global. A poluição atmosférica inclui qualquer actividade humana ou natural que leve à deterioração da atmosfera e entre os principais poluentes, que afectam a qualidade do ar, estão: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogénio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), ozono (O₃), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂) e material particulado (MP). Estes poluentes em zonas urbanas são emitidos por duas principais fontes: as fixas (queimadas, indústrias, etc.) e as móveis (veículos automotores, aviões, helicópteros, etc.), onde a segunda é responsável pela maior parte das emissões devido ao grande número destas nos centros urbanos (Pinheiro et al., 2017).

O impacto ambiental desse tipo de fonte está tornando-se cada vez mais uma preocupação aos planejadores e gerenciadores de transporte. Actualmente muitos dos modelos de transporte incorporam métodos para a estimação de poluentes provenientes do tráfego rodoviário, com a finalidade de auxiliar na avaliação de estratégias de transporte levando em conta os seus respectivos impactos ambientais (Jacondino, 2005).

Assim, o problema de pesquisa deste trabalho envolve o desenvolvimento de um inventário de emissões de fontes veiculares tendo como área de estudo a região metropolitana de Maputo. Segundo Pinheiro et al (2017), um inventário de emissões é uma ferramenta útil para a análise ambiental, cuja função é identificar a emissão de poluentes, suas fontes, quantidades e localizações. Ele pode ser feito a partir da compilação de dados referentes às concentrações de poluentes atmosféricos. Estas informações quantitativas servem como parâmetro para uma vasta gama de decisões que podem incluir a monitorização das concentrações de poluentes na atmosfera, avaliação de riscos à saúde humana, identificação das áreas responsáveis pelas emissões entre outros.

1.2. OBJECTIVOS

1.2.1. Objectivo Geral

- Estimar a contribuição dos veículos automóveis na emissão de poluentes atmosféricos na Região Metropolitana de Maputo e seus impactos a saúde pública, ano-referência 2021.

1.2.2. Objectivos Específicos

- Descrever o parque automóvel da Região Metropolitana de Maputo;
- Estimar os níveis de emissão de poluentes atmosféricos pelos veículos automóveis na Região Metropolitana de Maputo e apresentar os possíveis impactos a saúde pública.
- Propor medidas aplicáveis para o controlo e redução dos níveis de emissões de poluentes de ar pelos veículos automóveis na Região Metropolitana de Maputo;

1.3. HIPÓTESES

- O parque automóvel na região metropolitana de Maputo conta com mais de um milhão de veículos.
- As emissões de CO₂, N₂O e NO_x são maiores nos veículos que usam um motor a diesel e as emissões de CO e HC são maiores nos motores otto.
- Elevadas emissões de CO, MP e NO_x podem provocar problema de origem respiratória e na pior das hipóteses pode provocar até a morte.
- Boas condições das estradas podem reduzir o tempo de viagem e consequentemente reduzir o nível de emissões veiculares.

1.4. METODOLOGIA

Os procedimentos empregados nesta pesquisa obedeceram três etapas principais:

A) Etapa 1 – Pesquisa Bibliográfica

- Levantamento bibliográfico relativo a motores de combustão interna, seus ciclos e funcionamento e a emissão de gases por veículos automotores, assim como as consequências e efeitos destes sobre a saúde humana.
- Levantamento bibliográfico relativo aos factores que condicionam essas emissões e ainda as medidas de controlo tendo as experiências dos outros países como guias.
- Levantamento bibliográfico relativo a modelos matemáticos de quantificação e componentes auxiliares na elaboração de inventários de emissões.

B) Etapa 2 – Colecta de Dados

- A colecta de dados foi feita na Direcção Nacional de Hidrocarbonetos e Combustíveis do Ministério Nacional de Recursos Minerais e Energia (MIREME), com o objectivo de levar o consumo anual de combustível na AMM.
- Em seguida efectuou-se a recolha na Agência Metropolitana dos Transportes de Maputo e ao Ministério dos Transportes e Comunicação, objectivando a colecta dos registos de veículos de autocarros e as demais categorias de veículos respectivamente.

C) Etapa 3 – Aplicação do modelo de estimativa de emissões, geração e análise de resultados

- A partir dos dados obtidos foi possível calcular os níveis de emissões dos poluentes atmosféricos com recurso ao Microsoft Excel e por fim análise dos resultados e suas conclusões.

A descrição mais detalhada da metodologia é apresentada no capítulo 3.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma introdução, com uma discussão básica dos elementos justificadores da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica que contempla os seguintes tópicos: motores de combustão interna, formação das emissões veiculares, os compostos produzidos e o seu impacto, factores que influenciam a formação das emissões, descrição da frota veicular na região metropolitana de Maputo e medidas para o controle das emissões veiculares.

No capítulo 3, estão descritas todas as informações a respeito dos dados e variáveis usadas no inventário veicular. Ainda neste capítulo há uma breve apresentação do modelo de inventariação.

O capítulo 4 traz os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia desenvolvida no capítulo anterior. Ainda neste capítulo são apresentados os impactos a saúde humana decorrentes dos compostos descritos no capítulo 2. Esses resultados estão divididos em tabelas e gráficos.

O último capítulo apresenta as conclusões a que se chegou a partir de análise dos dados obtidos e sugestões para que esses dados alimentem a produção de novas pesquisas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. EMISSÕES VEICULARES- VISÃO GERAL

As emissões veiculares são resultado da combustão de elementos fósseis. Todos os compostos químicos emitidos pelos automóveis são considerados como poluentes, pois causam a contaminação do ar e provocam efeitos adversos ao meio ambiente e a saúde da população. As emissões veiculares são lançadas na atmosfera sob a forma de gases ou material particulado (Jacondino, 2005).

Este capítulo em primeiro lugar apresenta um breve conceito sobre os motores de combustão interna. Em seguida, são descritos os processos de formação das emissões veiculares, seguido da descrição dos compostos químicos resultantes da combustão de combustíveis fósseis e o impacto causado por estes compostos. Ainda, o capítulo traz uma revisão sobre os factores que influenciam o nível das emissões e os métodos disponíveis para realizar a medição das emissões veiculares. Por último, são descritas as medidas que podem ser adoptadas para reduzir o nível das emissões veiculares.

2.2. A ORIGEM DO PROBLEMA: OS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA (MCI)

Motor de combustão interna é um tipo de máquina térmica, que através da combustão que ocorre no motor obtém-se o calor que é transformado em trabalho. Por sua vez, o trabalho é obtido a partir de uma sequência de processos que ocorrem no fluido activo que participa directamente da reacção de combustão (Brunetti, 2017; Simencio, 2019). Ou também podem ser definidos como sendo máquinas térmicas motoras nas quais a energia química dos combustíveis se transforma em trabalho mecânico (o fluido de trabalho consiste nos produtos da combustão) (Martinelli Jr, 2003).

2.2.1. Classificação dos Motores de Combustão Interna

Os motores de combustão interna podem ser classificados sobre vários aspectos. A classificação dos motores de combustão interna de acordo com o método de ignição ou ciclo de trabalho apresenta grande influência na formação das emissões veiculares (Heywood, 2020). Quando o motor completa o ciclo em dois cursos do pistão é chamado de

motor de dois tempos e quando completa o ciclo em quatro cursos é chamado motor de quatro tempos (C. A. A. Varella & Santos, 2010). De acordo com este critério os motores de combustão são classificados em duas categorias descritas abaixo.

2.2.1.1. Motores de Ignição por Centelha

Os motores de ignição por centelha, tradicionalmente equipam veículos de passeio, veículos comerciais leves e motorizadas. Nestes motores, também denominados de motores de ciclo Otto, a combustão da mistura ar/combustível, após ser submetida à compressão nos cilindros, é iniciada por uma centelha. Os combustíveis utilizados por estes motores são normalmente hidrocarbonetos leves de alto poder calorífico, como a gasolina, o álcool, gás natural ou misturas semelhantes, os quais apresentam boa resistência à detonação (Jacondino, 2005).

Segundo Milhor (2002), nos motores quatro tempos, um ciclo de trabalho corresponde a duas voltas da árvore de manivelas. Na medida em que a árvore de manivelas realiza o movimento rotativo, os pistões se movem dentro dos cilindros, entre (PMS) o ponto morto superior e o (PMI) ponto morto inferior. As bielas são responsáveis por transmitirem o movimento da árvore de manivelas para os pistões. Com as duas voltas da árvore de manivelas, 4 tempos são executados por um cilindro, como mostra a figura 1:

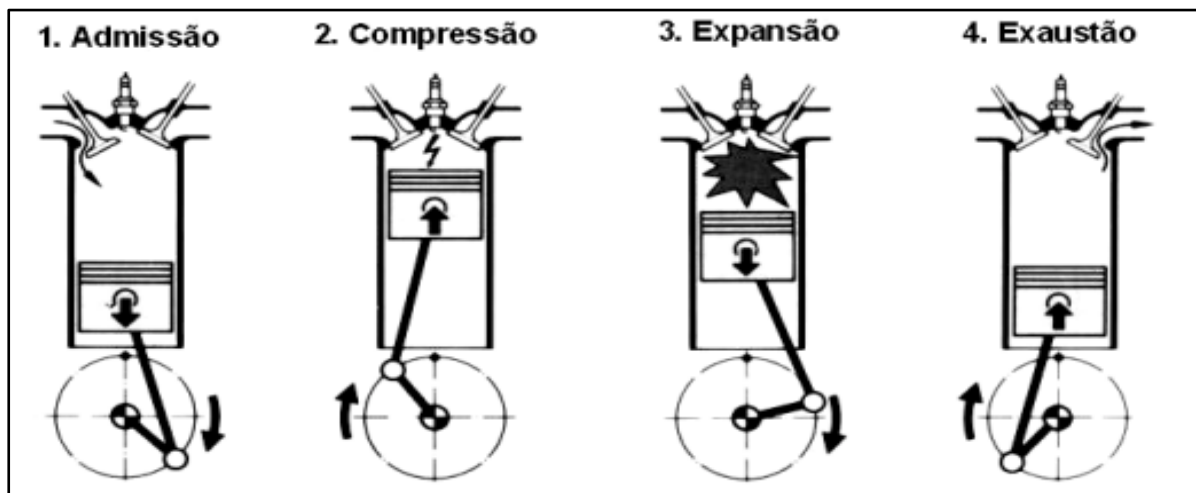


Figura 1: Funcionamento do motor pelo ciclo Otto. (Milhor, 2002)

Para cada cilindro, um conjunto de válvulas é responsável pela admissão da mistura ar-combustível (nos motores de injeção indireta) e exaustão dos produtos da combustão da mistura. Denominadas válvula de admissão e válvula de escape respectivamente, elas

podem variar em número de motor para motor. As válvulas são acionadas pelo eixo comando de válvulas, que por sua vez é acionado pela árvore de manivelas (Milhor, 2002).

De acordo com Salomão et al (2018), os quatro tempos do funcionamento do motor pelo ciclo Otto estão descritos a seguir:

Admissão: Com a válvula de admissão aberta e a de escape fechada, a mistura de vapor de gasolina e ar entra no cilindro.

Compressão: Com ambas as válvulas fechadas, a mistura é comprimida através do movimento de ascendente do pistão.

Combustão: A mistura é detonada através da acção de uma centelha (faísca) produzida pela vela, produzindo uma expansão dos gases que então empurram o pistão para baixo, produzindo trabalho útil.

Exaustão: Com a válvula de admissão fechada e a de escape aberta, ocorre á exaustão dos gases resultantes da explosão.

2.2.1.2. Motores de Ignição por Compressão

Um motor ignição por compressão, motor de ciclo diesel é uma máquina que transforma energia térmica em energia mecânica. Essa energia é obtida a partir da combustão do diesel no cilindro do motor que por sua vez é semelhante ao ciclo Otto possuindo o mesmo princípio de admissão, compressão, combustão e exaustão. No entanto, o motor de ciclo diesel utiliza maior compressão, inflamando o combustível em vez de usar a vela de ignição (Basso, 2022).

Na sua grande maioria os motores de ciclo diesel são utilizados em veículos pesados (de passageiros e de cargas), que necessitam de alto valor de torque. E se diferem do modelo Otto pelo facto de operarem sempre com excesso de ar, proporcionando um rendimento termodinâmico superior (Jacondino, 2005).

Os motores de ciclo diesel assim como os do ciclo otto podem ser de quatro tempos ou dois tempos, neste estudo, nos concentraremos em motores de quatro tempos, o nome refere-se às fases em que o motor ocorre em seu ciclo de operação, cada fase é classificada como tempo, e há quatro tempos durante o ciclo do motor (C. A. A. Varella & Santos, 2010).

A Figura 2 representa os quatro tempos de um motor a ciclo diesel:

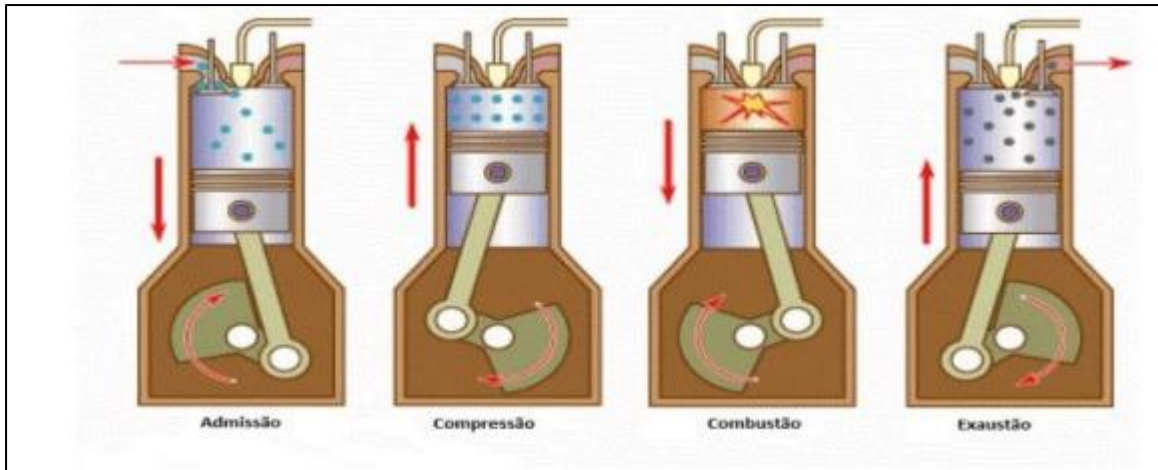


Figura 2: Funcionamento do motor pelo ciclo diesel. (Kislansky, 2017)

A seguir tem-se o detalhamento de cada fase, conforme (Basso, 2022):

Admissão: As válvulas de admissão se abrem o embolo desloca-se até o PMI, admitindo ar para dentro do cilindro.

Compressão: As válvulas de admissão se fecham o embolo desloca-se do PMI ao PMS comprimindo o ar contido no interior do cilindro.

Combustão: O combustível é injetado dentro do cilindro pouco antes da compressão máxima, devido ao súbito aumento de temperatura proveniente do aumento da pressão o combustível em contacto com o ar inflama-se, a força gerada pela queima da mistura ar combustível empurra o embolo para o PMI.

Exaustão: As válvulas de escape abrem e o embolo desloca-se do PMI ao PMS expulsando os resíduos provenientes da queima do combustível.

2.3. FORMAÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES

Os veículos emitem uma grande quantidade de poluentes, talvez em uma estimativa absurda, quase a metade da poluição que se encontra na atmosfera e por consequência se propaga para as outras esferas terrestres.

A figura a seguir mostra a participação das emissões de carbono no uso da energia por sector com destaque para o sector dos transportes, responsável por 42% do total.

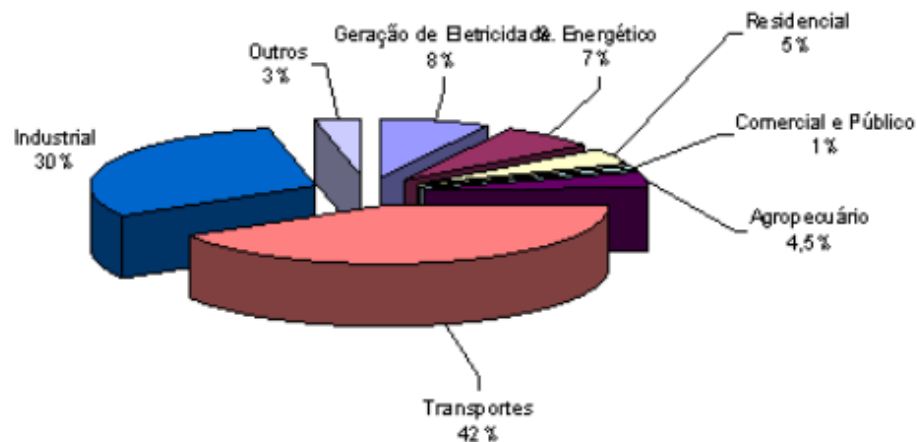


Figura 3: Emissão de carbono por sectores de actividade. (Manzoli, 2009)

A avaliação de qualquer medida que vise à redução do nível das emissões veiculares passa, obrigatoriamente, pelo completo entendimento do mecanismo de formação destas emissões. É necessário identificar quais actividades veiculares são responsáveis pela emissão destes poluentes (Jacondino, 2005).

Segundo Manzoli (2009) e Costa Pinto (2005), as emissões originadas pelo uso de veículos automotores, podem ser divididas nas seguintes categorias:

- Emissões de gases e partículas pelo escapamento do veículo (subprodutos da combustão lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento);
- Emissões evaporativas de combustível (lançadas na atmosfera através de evaporação de hidrocarbonetos do combustível);
- Emissões de gases do carter do motor (subprodutos da combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e por vapores do óleo lubrificante);
- Emissões de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem;
- Ressuspensão de partículas de poeira do solo;

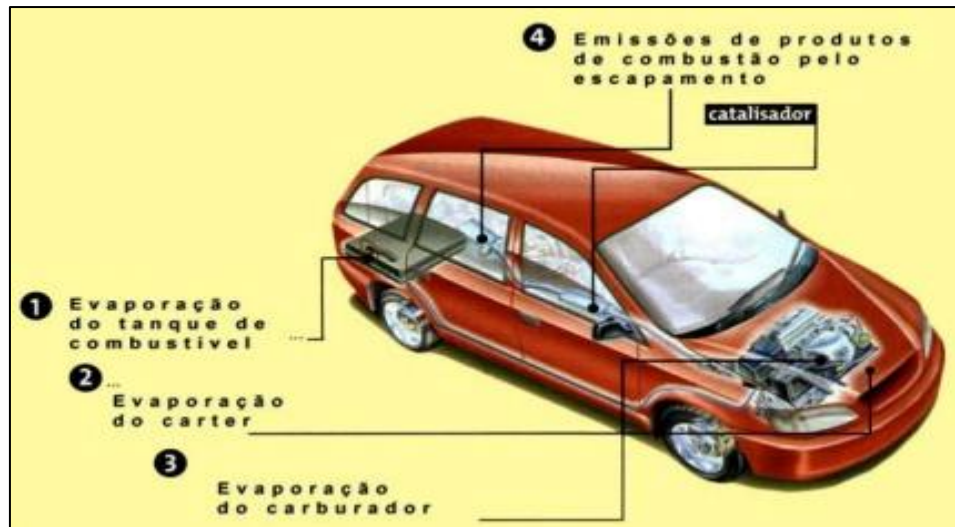


Figura 4: Diferentes tipos de emissões. (Drumm et al., 2014)

2.3.1. Emissão pelo Escapamento

As emissões de escapamento são os subprodutos da combustão lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento. Os produtos da combustão completa são CO_2 , H_2O e N_2 , da combustão incompleta são CO , HC , aldeídos (R-CHO) e NO_x , e ainda têm os produtos indesejáveis como material particulado e SO_x (mais expressivos em motores de ciclo Diesel) (Balassiano, 1991). A formação de SO_x deve-se ao conteúdo de enxofre presente nos combustíveis (Drumm et al., 2014).

Além disso, pode ocorrer a formação de poluentes secundários através de reações químicas entre dois ou mais poluentes primários, ou pela reação dos componentes primários com constituintes da atmosfera (Cetesb, 2021).

O conhecimento do impacto causado pela exaustão de veículos e seus agravos a saúde exigiu esforços para controlar as emissões de escape por meios que envolviam, a princípio, mudanças relativamente pequenas no motor e no combustível. Melhorias no projecto do motor, como a introdução de conversores catalíticos de três e duas vias, reduziram significativamente os níveis de hidrocarbonetos, óxidos de nitrogénio e monóxido de carbono. Em contrapartida subprodutos indesejados como sulfeto de hidrogênio, amônia e óxido nitroso (N_2O) são produzidos. O óxido nitroso juntamente com outros gases também emitidos por fontes móveis como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), em altas

concentrações potencializam o efeito estufa, provocando o desequilíbrio térmico da superfície terrestre (Vasques, 2021).

2.3.2. Emissões Evaporativas

As emissões evaporativas caracterizam-se por perdas através de evaporação de hidrocarbonetos do combustível, principalmente a temperaturas elevadas, geradas principalmente quando o carro não está em movimento (as perdas evaporativas com o carro em movimento – "running losses" – são geralmente desprezadas). Essas emissões são provenientes do tanque de combustível, do carburador (quando for o caso), através de vazamentos e percolações nas conexões e mangueiras (Azuaga, 2000; Costa Pinto, 2005).

De acordo com Vasques (2021), as emissões evaporativas referem-se à soma de todas as emissões de compostos orgânicos voláteis relacionados ao combustível que não são derivados do processo de combustão. Esses gases são lançados na atmosfera através da volatilização de hidrocarbonetos presentes no combustível. A maioria das emissões evaporativas provém dos sistemas de combustível (tanques, sistemas de injeção e linhas de combustível) dos veículos a gasolina. As emissões evaporativas dos veículos a diesel são consideradas insignificantes devido à presença de hidrocarbonetos mais pesados e à pressão de vapor relativamente baixa do combustível diesel.

As fontes mais importantes ocorrem durante os procedimentos de armazenamento, repouso e abastecimento do veículo, e sua formação está vinculada directamente à variação de temperatura (Jacondino, 2005). Entre as categorias das emissões evaporativas, são destacadas as perdas de Operação (Running Losses), perdas de Resfriamento (Hot-Soak), emissões Diárias (Diurnal Emissions) e perdas por reabastecimento (Vasques, 2021).

Durante a operação do veículo as perdas por evaporação podem ocorrer devido o funcionamento do motor que resulta no aumento significativo da temperatura no tanque de combustível ou no carburador. Além disso a evaporação de hidrocarbonetos também pode ocorrer quando o motor à quente é desligado e a temperatura do motor e do sistema de escapamento aumenta devido a interrupção no sistema de resfriamento do veículo. Em veículos a gasolina com injeção de combustível (tecnologia mais recente), a influência do aquecimento do motor no tanque de combustível é significativa, tendo em vista que as novas

normas contemplam maiores canisters. As emissões por evaporação também podem ocorrer quando o veículo está exposto a temperatura ambiente ao longo do dia, a flutuação da temperatura ocasiona a expansão do combustível e do vapor no tanque, que na ausência de um sistema de controle de emissões resultam na liberação de vapores para atmosfera (Ntziachristos & Boulter, 2009).

2.3.3. Emissões de gases do carter do motor

As emissões de carter são gases e vapores emitidos pelo respiro do carter, além dos vapores de óleo lubrificante e seus produtos, ocorrem devido ao vazamento de gases de combustão e fracções de combustíveis não queimados através de anéis de vedação dos pistões, durante os períodos de compressão e explosão do motor (Drumm et al., 2014). Nos motores actuais esses gases são canalizados ao colector de admissão do motor para serem queimados. Os HC's nas suas distintas configurações são os elementos poluentes que aparecem em maior proporção nas emissões do carter (Azuaga, 2000)

2.3.4. Emissões de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem

Os pneus de um veículo carregam a carga do veículo e do passageiro, oferecem tracção e direcção e absorvem as variações na superfície da estrada para melhorar a qualidade do percurso. O material do pneu é uma mistura complexa de borracha, embora a composição exacta dos pneus no mercado geralmente não seja publicada por razões comerciais. Como regra geral, 75% de borracha de estireno butadieno (SBR), 15% de borracha natural e 10% de polibutadieno para pneus de carros de passeio. Aditivos metálicos e orgânicos também são introduzidos nesta mistura para obter as propriedades desejadas durante o processo de fabricação e fornecer o desempenho rodoviário necessário. O óxido de zinco (ZnO), que actua como agente vulcanizante, é um dos aditivos mais significativos (Markiewicz et al., 2016; Ntziachristos & Boulter, 2009)

O contacto friccional entre a superfície da estrada e a banda de rodagem do pneu resultam na abrasão e na emissão de partículas para a atmosfera. A quantidade, tamanho e composição química das partículas emitidas são influenciadas por uma infinidade de factores incluindo estilo de direcção, características do pneu e da estrada, idade do pneu,

idade da superfície da estrada e o clima (Carvalho, 2011.; Vasques, 2021). Quando a dinâmica de direcção (curva, frenagem, aceleração) aumenta, o deslizamento se desenvolve em resposta às forças maiores geradas na interface superfície da estrada-pneu, e isso pode causar desgaste adicional tanto do pneu quanto da superfície da estrada. Portanto, a condução 'suave' prolonga a vida útil de um pneu e, inversamente, a vida útil do pneu diminui à medida que aumenta a quantidade de operação severa ou transitória do veículo (Ntziachristos & Boulter, 2009).

As superfícies de estradas possuem diferentes características como asfalto e concreto, e estão em uso em todo o mundo. Na cidade de Maputo numa extensão total de estradas de 830km, dos quais 190km (23%) são pavimentados, deixando um total de 77% das estradas não pavimentadas (ANE, n.d.).

Os principais factores que estão relacionados ao desgaste de superfície são: características dos pneus (superfície e pressão) e da estrada, velocidade do veículo e o clima. Partículas de desgaste de pneus e de estrada estão directamente relacionadas. Entretanto devido à falta de dados experimentais sobre factores de emissão associados a diferentes pneus e combinações de superfície, no momento essas fontes devem ser tratadas como partículas separadas (Ntziachristos & Boulter, 2009)

2.3.5. Ressuspensão de partículas de poeira do solo

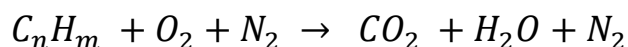
As emissões de ressuspensão de partículas do solo em vias também é considerada fonte primária, elas possuem significativa contribuição de emissão de material particulado por veículos. A deposição de partículas sobre as vias pode ser originada por diferentes fontes, antrópicas ou não, além da própria emissão veicular por exaustão ou desgaste de pneus, freios e pistas (Ntziachristos & Boulter, 2009; Vasques, 2021).

A emissão que provém da ressuspensão de poeira na estrada depende de parâmetros como densidade de tráfego (principalmente de veículos pesados), velocidade do veículo, características de superfície da estrada, e particularmente, seu estado de manutenção, meteorologia local e operação do veículo (EPA, 2011).

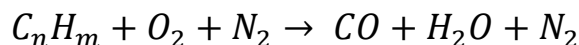
2.4. COMPOSTOS EMITIDOS PELOS VEÍCULOS

Em condições ideais a combustão de hidrocarbonetos (combustíveis) resulta em H₂O e CO₂. Contudo, estas condições quase nunca são verificadas, ocorrendo a queima parcial do combustível e ainda reacções indesejáveis. Não havendo combustão completa, acabam sobrando alguns subprodutos que vão constituir poluentes perigosos (Jacondino, 2005). As equações 1 e 2 ilustram a combustão completa e incompleta de um hidrocarboneto (Manzoli, 2009).

Equação 1: *Processo de combustão completa*



Equação 2: *Processo de combustão incompleta*



Esta secção descreve as principais características e os mecanismos de geração dos compostos emitidos pelos veículos e os efeitos provocados por estas emissões na saúde e no meio ambiente. São eles o CO, HC, NO_x, material Particulado (MP), chumbo (Pb) e dióxidos de enxofre (SO₂). Estes são denominados poluentes primários, pois são lançados na atmosfera directamente pelos automóveis. Ainda é descrita a formação do ozono (O₃) a partir dos poluentes primários, devido a reacções na atmosfera (Cetesb, 2012) e do dióxido de carbono (CO₂), um produto da combustão que não é considerado como poluente, mas que possui grande influência no efeito estufa (Babinski, 2017).

A tabela 1 apresenta um resumo dos compostos emitidos pelos veículos, o efeito que estes provocam e qual tipo de motor é o principal responsável por sua formação.

Tabela 1: *Compostos emitidos pelos veículos e seus efeitos.*

Adaptado de (Babinski, 2017; Jacondino, 2005; D. T. P. Pereira, 2019)

Poluente	Classificacao	Efeitos Gerais	Contribuição Ciclo	
			Otto	Diesel
NO _x	Primário	Impacto na saúde, Formação smog	Baixa	Alta

		fotoquímico, Chuva ácida, Efeito estufa, Degradação camada de ozono.		
CO	Primário	Impacto na saúde, Formação smog fotoquímico, Efeito estufa.	Alta	Baixa
HC	Primário	Impacto na saúde, Formação de smog fotoquímico, Efeito estufa.	Alta	Baixa
SO _x	Primário	impacto na saúde, Chuva ácida, Formação smog fotoquímico.	Baixa	Alta
MP	Primário	Impactos a saude	Baixa	Alta
CO ₂	Primário	Efeito Estufa	-	-
O ₃	Secundário	Chuva acida	-	
N ₂ O	Primário	Impactos a saude	Alta	Baixa

- **Óxidos de Nitrogénio**

Originados durante a reacção química que envolve o nitrogénio e o oxigénio presentes no ar e principalmente no combustível, em função das elevadas pressões e temperaturas no momento da explosão da mistura ar-combustível (Moacir, 2007). Os NO_x podem provocar irritação e constrição das vias respiratórias, diminuem a resistência orgânica, participam do desenvolvimento do enfisema pulmonar e à semelhança dos hidrocarbonetos, se envolvem, de forma activa, nas reacções fotoquímicas que dão origem ao smog. Em contacto com o vapor d'água, o dióxido de nitrogénio transforma-se em ácido nítrico podendo estar presente na chuva ácida (Costa Pinto, 2005).

De salientar que a emissão de NO_x em motores de ciclo diesel é superior à dos motores de ciclo otto. Isto acontece devido às características de combustão dos motores de ciclo diesel, que possui temperatura e pressão superiores (Jacondino, 2005).

- **Monóxido de carbono**

O monóxido de carbono é um gás incolor e inodor e é resultado da combustão incompleta (situação com baixa concentração de oxigênio de combustíveis que possuem o carbono em sua composição) (Babinski, 2017)..

Drumm et al (2014), lembram que o CO “é emitido diariamente em centenas de milhões de toneladas à atmosfera, sendo oriundos de processos naturais e antropogênicos”. Sendo o monóxido de carbono então, extremamente tóxico ao ser humano.

Segundo Martins (2006), doses pequenas e prolongadas de CO podem dar origem a redução das funções cardíacas, problemas vasculares, anemia e evolução lenta de fetos. O CO sobrevive na atmosfera por um mês sendo gradualmente e lentamente oxidado para CO₂.

O CO por ser um gás muito tóxico. No organismo humano ele reage com a hemoglobina presente no sangue, formando a carboxihemoglobina, causando uma redução do O₂ transportado para as células. A exposição por tempo prolongado ao CO pode causar tonturas, dores de cabeça e até asfixia, dependendo da sua concentração. Ainda, altas concentrações podem causar problemas cardíacos e ao sistema nervoso central (Ariotte, 2010).

De acordo com Jacondino (2005), motores de ciclo diesel, por operarem com excesso de ar produzem quantidades insignificantes de CO, comparadas às produzidas pelos motores de ciclo otto.

- **Hidrocarbonetos**

Também conhecido como combustível não queimado ou, ainda, como frações de compostos orgânicos que não foram queimadas ou que sofreram apenas oxidação parcial (Drumm et al., 2014). São compostos formados exclusivamente por átomos de carbono e hidrogênio. O petróleo é constituído principalmente de HC e seus derivados como gás de cozinha, gasolina, querosene e óleo diesel os quais constituem a maioria dos combustíveis

de uso humano diário. Os gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis (Pozzagnolo, 2013).

Segundo D. D. B. Pereira (2014), os hidrocarbonetos, juntamente com os óxidos de nitrogênio, apresentam-se como importantes agentes precursores da formação de smog fotoquímico. Estes poluentes como dito acima são constituídos por cadeias de carbono e hidrogênio, podendo ser cíclicas ou não. Os hidrocarbonetos não metanos (HC) podem ter origens naturais, industriais ou veiculares, neste caso sendo provenientes da combustão incompleta do combustível. Têm diferentes tempos de residência na atmosfera e causam efeitos nocivos à saúde dependendo dos compostos emitidos e suas concentrações, como o exemplo do benzeno, que pode ser cancerígeno quando em altos níveis.

Os HC além de serem cancerígenos, também pode dar origem a irritações oculares, náuseas e dores de cabeça. assim como problemas respiratórios (Martins, 2006).

- **Óxidos de enxofre**

A emissão dos óxidos de enxofre (SO_x) ocorre através da oxidação do enxofre contido nos combustíveis derivados do petróleo, especialmente o diesel. O dióxido de enxofre (SO_2) é um gás incolor e reactivo, que representa o principal produto desta oxidação, cerca de 95%, sendo o restante oxidado a trióxido de enxofre (SO_3) ou emitido como sulfato (SO_4^{2-}). As emissões de SO_x usualmente variam apenas com o teor de enxofre no combustível (D. D. B. Pereira, 2014).

Segundo o decreto 95/2018, o diesel comercializado em Moçambique apresenta teor de enxofre igual a 10 e 50 ppm. Valor igual ao do diesel comercializado nos EUA e Europa que apresenta o teor igual a 10 ppm.

Para Costa Pinto (2005), os óxidos de enxofre se absorvidos pelo trato respiratório superior podem provocar tosse, sensação de falta de ar, respiração ofegante, rinofaringites, diminuição da resistência orgânica às infecções, bronquite crônica e enfisema pulmonar. A acção dos óxidos de enxofre ocorre a nível local, regional e continental. O dióxido de enxofre ao reagir na atmosfera propicia a formação de partículas de ácido sulfúrico e de sais de sulfato, podendo também participar na composição da chuva ácida.

- **Material particulado**

O material particulado orgânico (MP) consiste em substâncias sólidas ou líquidas (partículas de carbono do combustível não queimadas) que podem ser colectadas por filtragem dos gases de escapamento. Nos motores de ciclo otto a emissão de MP é insignificante, oposto aos motores de ciclo diesel, onde é gerado grande parte deste material (Jacondino, 2005) .

O MP é caracterizado de acordo com o seu tamanho (grossos, partículas finas, e partículas inaláveis). São originados de duas fontes (i) como produtos da combustão, principalmente veículos movidos a diesel; (ii) partículas largas como pó levantado pelo deslocamento de veículos em vias não pavimentadas (Zannetti, 1990).

- **Dióxido de Carbono**

O dióxido de carbono é o principal produto da combustão completa. De acordo com (Zannetti, 1990), até meados da década de 70 o CO₂ não era considerado como poluente atmosférico, isto porque sua presença, embora provocasse a contaminação do ar, não provocava efeitos adversos em organismos vivos. Em função disto, as emissões de CO₂ nunca foram alvo de preocupação de autoridade e controles rigorosos (Jacondino, 2005).

Drumm et al (2014), afirmam que quanto mais recente o modelo de um veículo, é menor a quantidade de gases poluentes emitidos, excepto para o CO₂, para o qual essa relação se inverte. Quanto mais novo o modelo, mais eficiente é a combustão, gerando menos gases derivados da combustão incompleta e, portanto, mais CO₂.

A recente preocupação com o aquecimento global levou a um maior controle dos gases de efeito estufa, entre eles o CO₂. Um dos esforços mais recentes e conhecidos visando a redução dos gases de efeito-estufa é o tratado de kyoto. O tratado de kyoto instituiu o mercado de créditos de carbono, unidade métrica utilizada para comparar as emissões de diferentes gases de efeito estufa (entre eles o CO₂) com base no seu potencial de aquecimento global (*1997 Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change - Centre for International Law*, 8 de março de 2023.). Para que o crescimento de algumas nações não fosse comprometido na tentativa de atingir a meta

estabelecida para redução dos gases de efeito-estufa, os países podem comprar créditos de outras nações que possuam projectos de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). O MDL trata do comércio de créditos de carbono baseado em projectos de mitigação de gases de efeito-estufa, daí a necessidade de estimativas corretas de emissões (Jacondino, 2005).

- **Ozono**

O ozono (O_3) é um gás que, usualmente, não é emitido directamente na atmosfera. Ele é criado por reacções fotoquímicas complexas que envolvem principalmente NO_x , O_2 e HC na presença da luz do sol. Em função disto, a concentração de ozono no ar é maior durante o período do verão (Jacondino, 2005).

O ozono é benéfico em camadas mais altas da atmosfera filtrando a radiação ultravioleta (Cappiello, 2002), entretanto em camadas mais baixas provoca problemas de saúde.

É importante distinguir o ozono que ocorre na estratosfera (a cerca de 25 km de altitude) do “mau ozono” encontrado na troposfera. Na estratosfera este composto actua como um filtro dos raios ultravioletas emitidos pelo sol, protegendo a vida na terra. Já o ozono presente mais próximo da superfície da terra, ozono troposférico, é prejudicial à saúde humana pode gerar problemas, tais como inflamação nos olhos, problemas de garganta e problemas respiratórios crônicos e assim como à vegetação e a outros animais (Pozzagnolo, 2013).

- **Óxido Nitroso**

O óxido nitroso é produto da reacção que ocorre entre nitrogénio e oxigênio durante a combustão, mas os detalhes de sua formação são complexos e dependem muito do tipo de sistema de controle de emissão empregado. Em veículos leves a emissão de N_2O depende em grande parte do tipo e da temperatura do catalisador. As altas temperatura e pressão presentes na câmara de combustão dos motores são suficientes para produzir NO_x , mas são ineficientes na produção de N_2O . Assim, veículos sem catalisador tendem a produzir uma quantidade menor de N_2O (Drumm et al., 2014).

2.5. FACTORES QUE INFLUENCIAM NO NÍVEL DAS EMISSÕES VEICULARES

As emissões veiculares variam em função de um número elevado de factores, os quais determinam os padrões de emissão dos poluentes. Entre os principais factores destacam-se:

- **Características da frota como ano, modelo e categoria veicular**

Aspectos de tamanho, peso, potência e tecnologia do motor (injeção eletrônica de combustível ou através de carburadores) do veículo interferem na quantidade emitida de poluentes (Ariotte, 2010).

De acordo com Azuaga (2000), o tipo de veículo utilizado (categoria veicular) é igualmente importante, pois um automóvel, por exemplo, não polui da mesma forma que um caminhão, um autocarros ou uma motorizada, e dependendo do modelo do veículo utilizado, diferentes factores de emissão serão considerados.

Quanto à idade da frota, é de se esperar que veículos novos sejam menos poluidores devido às alterações tecnológicas de fabricação, sendo que com o uso o desgaste de peças e componentes afectaria as características de eficiência do motor, provocando índices mais elevados de emissões. Contudo, veículos novos, que atendem a limites de emissões mais restritivos, tendem a poluir menos que veículos antigos que atendiam a limites de emissões mais baixos.

É de se esperar também que uma localidade que possua um maior contingente de autocarros e caminhões em circulação, que basicamente utilizam diesel como combustível, apresente um maior índice de emissão de partículas em suspensão (fuligem), do que se possuísse uma frota composta por veículos movidos a gasolina e/ou álcool. Portanto, o tipo de frota circulante é um factor que caracteriza o tipo de poluente emitido numa localidade.

- **Regulagem e manutenção**

Na medida em que o veículo envelhece e a sua quilometragem acumulada aumenta, as suas emissões tendem a aumentar. Este fenómeno é função tanto da degradação natural dos controles de emissão de veículos com bom estado de conservação resultando em incrementos moderados das emissões, como do mal funcionamento ou falha do controle de emissões resultando em um grande aumento nas emissões (CO e HC) (Wenzel & Singer, 2000).

A regulagem e manutenção adequadas mantêm um funcionamento eficiente do motor, evitando desperdícios de combustível e garantindo que os níveis de emissão permaneçam dentro dos limites estabelecidos pela legislação. A manutenção adequada reduz a degradação natural do motor e dos equipamentos de controle de emissão de poluentes, aumentando a vida útil do veículo e contribuindo para o controle das emissões de poluentes (Ariotte, 2010). De acordo com Taco (2006), a qualidade da manutenção dos veículos está ligada, basicamente, aos factores como: a capacitação técnica, cuidados com os serviços, peças de reposição e hábitos de manutenção.

- **Tipo e composição do combustível:**

O tipo de combustível utilizado define a qualidade da queima da mistura ar-combustível (A/C) dentro do motor, influenciando directamente na formação dos poluentes emitidos. A redução, ou até mesmo a eliminação, de compostos presentes nos combustíveis como chumbo (Pb) e enxofre (S), tem grande influência nas emissões de óxidos de enxofre e chumbo pelos veículos. A emissão de hidrocarbonetos depende, principalmente, da qualidade e do grau de oxidação incompleta do combustível (Ariotte, 2010; Castro, 2008).

- **Sistema de tráfego local e traçado da via**

A emissão de poluentes veiculares é dependente das condições de tráfego, cujas características podem variar consideravelmente de uma área para outra. As características tais como condições de pavimento, traçado geométrico e soluções para transposição das interseções, possibilitam o aumento da velocidade média de percurso, com menor número de interrupções, o que contribui para a diminuição das emissões por km (Castro, 2008).

Além do acima mencionado as características de controle nas interseções, números de faixas de tráfego, programações semaforicas e facilidades para estacionamento são factores relacionados ao sistema de tráfego local com consequências indiretas na emissão veicular, pois influenciam o modo de condução dos veículos (Ariotte, 2010).

Filizola et al (2005) e Taco et al (2005), afirmam que vias com fluxo instável apresentam emissões de 2 a 21 vezes maiores, que em vias com fluxo ininterrupto, com boa fluidez de tráfego (características típicas de vias expressas), dependendo do gás analisado.

A largura e a inclinação da via também influenciam as emissões. A largura exerce influência sobre a liberdade do fluxo, e a inclinação leva a uma maior demanda de potência, reduzindo a relação ar/combustível em acíves, ocasionando emissões mais elevadas. Ainda, as emissões veiculares são directamente proporcionais à demanda de tráfego em operação em determinada área (Ariotte, 2010).

- **Condições climáticas**

A variação da temperatura tem grande influência nas emissões evaporativas de HC. Em locais com temperaturas mais elevadas, o uso do ar-condicionado nos veículos exige um maior carregamento do motor, emitindo mais poluentes. Em ambientes mais frios, o resfriamento do motor e dos equipamentos de controle de emissão de poluentes (catalizador) ocorre mais rapidamente, fazendo com que uma nova partida do motor ocorra em temperaturas mais baixas e com isso as emissões são temporariamente altas porque tanto o conversor catalítico quanto o sensor de oxigênio são ineficazes em baixas temperaturas (Wenzel & Singer, 2000).

De acordo com Azuaga (2000), em dias muito quentes (35°C), as emissões evaporativas (HC em g/km) podem chegar a ser maiores que as liberadas na descarga.

- **Modo de condução ou Carga do Motor**

As emissões do veículo podem variar muito com a alteração da carga do motor. A relação entre emissões e carga depende da tecnologia de fornecimento de combustível e controle de emissões, mas, como regra geral, as emissões de NO_x quase sempre aumentam

com o aumento da carga. Sob requisitos de alta velocidade e aceleração, os veículos de hoje são projetados para ter excesso de combustível injetado no cilindro do motor. Esse “enriquecimento” da mistura ar/combustível leva à formação elevada de CO e HC durante a combustão, sem oxigênio disponível para a conversão do poluente em CO₂ e água no catalisador. O resultado é um “sopro” temporário de altas emissões de CO e HC pelo escapamento (Wenzel & Singer, 2000).

Em alguns veículos, a injeção de combustível é interrompida durante desacelerações rápidas. Isso pode levar à falha de ignição do cilindro e a um “sopro” temporário de altas emissões de HC (Barth et al., 1996). A inclinação da estrada e o uso de acessórios, como ar condicionado e aquecedores, sobrecarregam o motor e podem afectar as emissões. Pequenas mudanças na forma como um veículo é dirigido também podem afectar as emissões. Por exemplo, como um motorista muda de marcha em um veículo com transmissão manual ou com que suavidade um motorista pressiona e libera o acelerador, pode afectar as taxas de emissões (Wenzel & Singer, 2000).

Em suma segundo De Vlieger et al (2000) e De Vlieger (1997), o modo de condução de cada motorista pode influenciar consideravelmente a emissão de poluentes, principalmente CO e HC. Acelerações mais bruscas e que exigem mais potência do motor tendem a emitir mais poluentes que acelerações mais “suaves”. Em um padrão de condução mais agressivo, o veículo pode emitir dez vezes mais poluentes do que em um padrão de condução calmo, e até três vezes mais do que em um padrão de condução normal.

2.6. PARQUE AUTOMÓVEL NA REGIÃO METROPOLITANA DE MAPUTO

Segundo Colónias (1966), até 1974, circulavam na cidade cerca de 10.000 veículos automóveis e existiam cerca de 23 pequenas, médias e grandes companhias de exploração dos transportes públicos de passageiros, que asseguravam carreiras urbanas, dentre as quais se destacam os: Serviços Municipalizados de Viação (SMV), Companhia de Transportes de Moçambique (CTM) e carreiras interurbanas como: Teresa Lina & Filhos Lda., Cruzeiro do Sul Lda., Auto Viação do Sul do Save, Empresa de Transporte e Turismo Oliveiras Lda. (ETOL), Manuel Antunes, Lda. Entre várias outras companhias concessionárias de transporte urbano e interurbano.

De acordo com Siteo (2014), o fim da guerra civil em 1992 e do regime de “apartheid na África do sul em 1994 foi um dos principais factores que condicionou o aumento exponencial do parque automóvel na área metropolitana de Maputo e em outros pontos do país, vários moçambicanos viram uma grande oportunidade para importarem, massivamente, viaturas daquele país. E muitos sul-africanos entraram para o país com seus carros no contexto do turismo e/ ou à procura de oportunidades de negócio.

Outro factor importante foi a autorização do governo moçambicano para importação de carros de segunda mão entre 2000 a 2005, condicionou para que mais cidadãos nacionais importassem carros para o uso pessoal. Por assim dizer, este foi o auge da importação de viaturas jamais vista na história do país. Estatísticas indicavam que 60% de viaturas que circulam na cidade e província de Maputo eram viaturas de segunda-mão importadas da África do Sul, do Dubai e do Japão.

Segundo INAV (2011), entre 2007 a 2011, o parque automóvel na cidade e província de Maputo cresceu de 86.370 para 163.139 veículos, uma diferença de cerca de 76.769 veículos o que significa um aumento em 88.88%.

Estima se que a cidade e província de Maputo recebe, em média diária, cerca de 150 veículos provenientes do estrangeiro entrando pelas fronteiras terrestres, marítimas e aéreas. Razão pela qual, o parque automóvel cresce de ano para ano (Siteo, 2014).

De acordo com o jornal Club of Mozambique, estima-se que entre 2013 a 2018, o número de veículos que circulavam na região metropolitana de Maputo aumentou de pouco mais de 542 mil para mais de 782 mil veículos (Arante, 2019). Esses valores tendem a aumentar exponencialmente, prova disso é que em 2021 estima-se que o número de veículos chegou a marca de 853 mil veículos, 53 mil acima dos 800 mil do ano de 2020 (*Número de Veículos Registrados Em Moçambique | Indicadores Econômicos | CEIC*, 14 de Julho de 2023).

2.7. MEDIDAS DE CONTROLO E REDUÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES EM GRANDES METRÓPOLES

O objectivo das medidas de controle e redução das emissões veiculares é melhorar a qualidade do ar através da redução da poluição gerada pelos automóveis. O controle das emissões pode ser: programas de inspeção e manutenção, medidas de melhoria de tráfego, melhorias na qualidade do combustível, uso de veículos com combustíveis alternativos, políticas econômicas, planeamento dos sistemas de transportes públicos e medidas de controle de tráfego temporal.

I. PROGRAMAS DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

O programa de inspeção veicular consiste na avaliação dos itens de segurança e de emissão de poluentes dos veículos que compõem a frota circulante (EPA, 1972). O seu objectivo é aferir as condições de segurança e de emissão de poluentes, elaboradas durante seu desenho e fabricação, as quais devem ser mantidas de forma adequada e acima dos níveis mínimos estabelecidos. Os testes medem as emissões veiculares e identificam os veículos mais poluentes, requerendo que os mesmos sofram reparos para que atendam aos padrões de emissão determinados. Para isto são necessários protocolos adequados de testes, informações confiáveis sobre a população de veículos e controle administrativos (Cetesb, 2013; Subchapter 02d - Air Pollution Control Requirements Section .1000 Motor Vehicle Emission Control Standards .1001, 2018; Mendes, 2004; Szawarcfiter, 2004).

A inspeção de emissões veiculares consiste em diversas formas. O teste que é na maior parte das vezes realizado é o teste das emissões de escapamento dos veículos, mas programas de I/M podem também incluir exames dos sistemas de controle das emissões

evaporativas assim como inspeções visuais para verificação de adulteração dos sistemas de controle de emissões. As emissões evaporativas se referem às emissões de hidrocarbonetos resultantes da evaporação de combustível não queimado do tanque de combustível e durante a operação do motor. Ao contrário das emissões de escapamento, as emissões evaporativas podem ocorrer quando o veículo não está em operação (Cetesb, 2019, 2022; GDF, 2012; Nagar, 2010; D. T. P. Pereira, 2019).

II. MEDIDAS DE MELHORIA DE TRÁFEGO

As medidas de melhoria de tráfego visam reduzir as emissões veiculares através da redução do número de veículos na estrada e no tempo de viagem cada uma.

Diante da actual situação de degradação das vias de acesso na região da metrópole de Maputo essa medida passaria primeiramente pela manutenção das vias de acesso com o objectivo de reduzir o tempo de viagem dos automobilistas e em seguida a alteração do limite de velocidade em freeways constitui-se em mais uma medida para a redução das emissões veiculares. As emissões (em g/s) possuem uma correlação positiva com a velocidade. Quanto maior a velocidade e conseqüentemente a potência utilizada, maior será a taxa de emissões (g/s). Por outro lado, quanto maior a velocidade, menor será o tempo de percurso do veículo para um dado segmento e conseqüentemente menor será o seu período de emissão. Esta combinação é responsável pelo formato em “U” das curvas de emissão apresentadas em g/km, onde o menor nível de emissões é verificado a uma velocidade de aproximadamente 80km/h (Jacondino, 2005).

Segundo Tongbin et al (2003), em algumas rodovias do Texas o limite de velocidade foi reduzido para 88km/h com o objectivo de reduzir as emissões veiculares.

Outro grupo de medidas que vem ganhando espaço é a aplicação de sistemas inteligentes de transporte (ITS). Elas requerem tempo para ter sua implantação efectiva, mas já tem sido empregue com sucesso na redução do congestionamento e conseqüentemente das emissões. Entre as medidas de ITS cita-se: controle semaforico, controle de acessos (Jacondino, 2005).

III. MELHORIAS NA QUALIDADE DO COMBUSTÍVEL

Existe uma estreita relação entre a qualidade do combustível e as emissões dos veículos, foi confirmada por vários estudos. Os principais indicadores da qualidade da gasolina incluem octanagem, pressão de vapor Reid (RVP), teor de chumbo, teor de enxofre e partes de olefinas, aromáticos e oxigenados. Para o combustível diesel, o teor de enxofre, o número de cetano e a participação de aromáticos e aditivos são indicadores importantes.

Em geral, a adoção de rigorosos padrões de emissões veiculares requer melhorias simultâneas na qualidade do combustível.

Isso é especialmente verdadeiro para componentes como chumbo na gasolina e enxofre no diesel, que podem restringir a eficácia das tecnologias de controle de emissões. O enxofre do combustível, em particular, é um dos principais culpados pelo aumento acentuado dos níveis de emissão de material particulado e dos ditos SO_x (J. Wang et al., 2019; Wu et al., 2011; Yang et al., 2015).

IV. USO DE VEÍCULOS COM COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

Os veículos movidos a combustíveis alternativos funcionam com um combustível diferente da gasolina ou diesel tradicional, como eletricidade ou gás natural. Para reduzir a poluição do ar e aliviar a dependência do petróleo (Guttikunda et al., 2014; Yang et al., 2015).

Um exemplo dessa medida foi o programa implementado pelo governo chinês que introduziu os autocarros dedicados a gás natural comprimido (CNG) e subsidia os consumidores que comprarem veículos elétricos a bateria (BEVs), veículos com célula de combustível (FCVs) ou veículos elétricos híbridos plug-in (PHEVs) (Gargava, n.d.; Huo et al., 2011; J. Wang et al., 2019; Wu et al., 2011).

V. POLÍTICAS ECONÓMICAS

Políticas económicas, incluindo impostos/ taxas ou subsídios, são eficazes em estimular a eliminação precoce de veículos de alta emissão, promovendo a adoção

antecipada de veículos de baixa/zero emissão e reduzindo as emissões totais da frota de veículos.

Segundo Wu et al (2011), em 2000, o Ministério das Finanças e Administração Tributária do Estado emitiu um aviso de que uma redução de 30% no imposto especial de consumo, que é de aproximadamente 5% do preço do veículo para um carro típico na China, se aplicaria à compra de veículos leves que atendem aos padrões de emissão de Pequim.

Essas políticas visam o controle das emissões dos veículos, e também a operação sustentável, buscando redução dos índices de consumo de combustíveis. Adicionalmente, busca a correcta operação de veículos visando a redução dos impactos na vizinhança. Também deverá visar à adoção de práticas de capacitação de pessoal, diminuição da média etária dos veículos, uso da melhor tecnologia, melhoria da eficiência energética, uso de combustíveis renováveis e redução do impacto poluidor das frotas de veículos diesel (Cetesb, 2013, 2019, 2022; GDF, 2012).

VI. PLANEAMENTO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS

A restrição à circulação de veículos individuais e posterior uso de transportes públicos é uma das alternativas que podem ser empregadas para a redução das emissões. O impacto da restrição à circulação veículos é obvio-se analisado localmente, pois reduz a zero as emissões veiculares nos locais (Jacondino, 2005).

Para o sucesso dessa medida será necessário primeiramente a implantação de métodos que levem ao aumento da qualidade do transporte público, como: A melhoria da frota, da infraestrutura, incluindo vias, serviço de Autocarros expresso, terminais de passageiros, paradas e calçadas; A ampliação e a implementação de faixas exclusivas para Autocarros, a disponibilização de informação de frequência e horário dos autocarros, o aumento do conforto; O aumento da velocidade comercial, a substituição de autocarros a diesel por gás natural (Cetesb, 2013; EPA, 1972; Huo et al., 2011; Wu et al., 2011).

VII. MEDIDAS DE CONTROLE DE TRÁFEGO TEMPORAL

As medidas de controle de tráfego temporal visam reduzir o nível de emissões colocando restrições de carácter temporal. O grande pioneiro dessas medidas foi Pequim que as implementou durante os jogos olímpicos de 2008. Os principais controles de tráfego que podem se aplicar a região metropolitana de Maputo incluem: (1). Os veículos particulares só podiam operar em dias pares ou ímpares, dependendo do último dígito de suas placas de matrícula. (2) Caminhões só podem operar da meia noite às 6h, a menos que recebessem passes especiais (H. Wang et al., 2020; Wu et al., 2011).

Segundo Wu et al (2011) e Yang et al (2015), essas medidas de controle temporal sofrem enormes custos sociais e econômicos e não podem ser estendidas para uso em condições normais.

De acordo com Wu et al (2011), a outubro de 2008, Pequim iniciou um programa de demonstração de um ano para restringir os motoristas em um dia por semana pelo número da placa de matrícula. Após um ano, este programa foi estendido até 2011.

2.7.1. LEGISLAÇÃO MOÇAMBICANA DE CONTROLO DE EMISSÕES EM FONTES MÓVEIS

O controlo de emissões de fontes veiculares em Moçambique é regulamentado pelo artigo 9 do decreto nr:18/2004. Esse decreto estabelece limites de emissão por escapamento para cada categoria de veículo tendo em consideração a autonomia dos mesmos.

A tabela a seguir estabelece limites de emissão para cada categoria de veículos:

Tabela 2: Limites de emissão veicular por escapamento

Tipo de veiculo	Autonomia (Km/litro)	CO ₂	NO _x	SQOVNM	CO	N ₂ O	Partículas
Automóveis de passageiros	5.1	3188	6.05	3.09	6.29	0.08	0.06
Carrinhas a diesel	4.3	3188	7.17	4.11	7.96	0.08	0.10
Camiões a diesel pesados	2.2	3188	42.86	7.63	21.80	0.08	0.26
Motociclos	12.8	3172	32.30	11.1	40.5	0.08	5.6

3. METODOLOGIA

As seguir são apresentados os detalhes e informações relacionadas ao local de estudo e relacionadas aos cálculos das quantidades de poluentes emitidos por veículos automotores, incluindo a forma de cálculo das emissões por tipo de fonte de emissão e detalhes relacionados a cada uma das variáveis envolvidas neste cálculo.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo foi feita uma apresentação geral da área metropolitana em estudo, pretendemos apresentar indicadores socioeconómicos, administrativos e aspectos relacionados com o crescimento urbano.

3.1.1. ÁREA METROPOLITANA DE MAPUTO

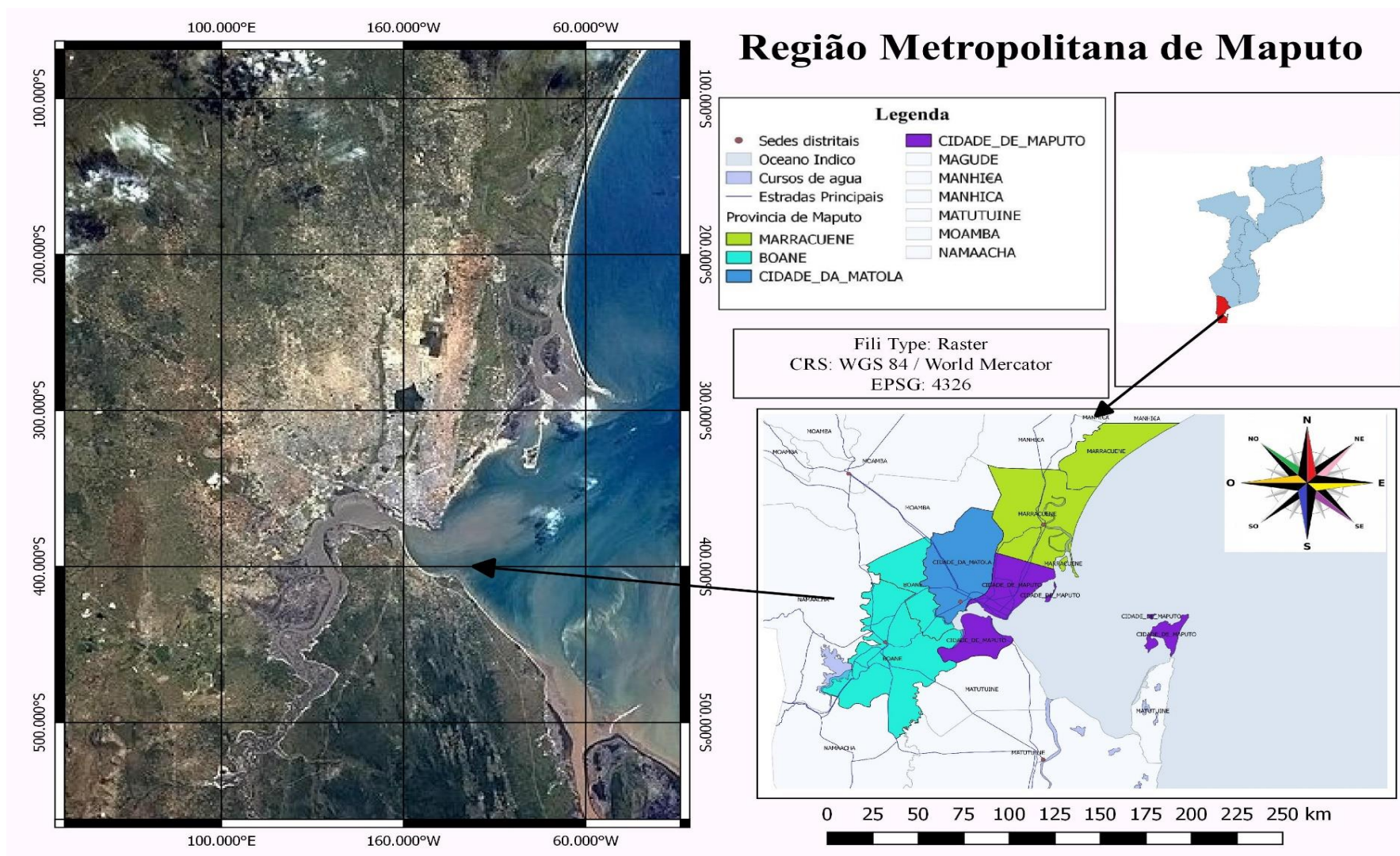
A Área Metropolitana de Maputo (AMM) compreende a extensão territorial dos municípios de Maputo, Matola, vila municipal de Boane e a vila do Distrito de Marracuene, dentro da província de Maputo (Mendonça, 2014).

De acordo com Machanguana (2020), na AMM vivem 2.582.219 pessoas (cerca de 10,9% da população residente em Moçambique). Conforme indicado na figura 5, e segundo dados dos censos gerais de população e habitação, a população da AMM quase duplicou desde 1997 até 2017.

	extensão Kms2	Censo 1960	Censo 1970	Censo 1980	População Censo 1997	População Censo 2007	População Censo 2017
Moçambique	801.590	7.595.000	9.408.000	12,130,000	16.099.246	20.632.434	28.861.863
Moçambique estimativa							27.128.530
PROVINCIA de MAPUTO					806.179	1.225.489	1.968.906
Distrito de CIDADE DE MATOLA	373				424.662	671.556	1.032.197
Distrito BOANE	820				56.703	102.555	210.367
Distrito de MARRACUENE	666				84.975	84.975	218.788
CIDADE DE MAPUTO	347				966.837	1.111.638	1.120.867
Maputo Provincia+Cidade					1.773.016	2.337.127	3.089.773
(Maputo, Matola, Boane e Marracuene)	2,206				1.533.177	1.970.724	2.582.219

Figura 5: Evolução da População da AMM (1997 - 2017). (Machanguana, 2020)

Mapa 1: Região Metropolitana de Maputo. (Autor)



As cidades de Maputo e Matola são as mais importantes na AMM. A cidade de Maputo, dada a sua condição de capital económica e política do país, é o ponto de convergência de toda actividade económica, serviços financeiros e sociais (saúde, educação, transportes e comércio) (Araújo, 2012; INE, 2021a). O município da cidade de Maputo é dividido em sete distritos Municipais: KaMpfumo (no centro da cidade), KaMubukwana, KaLhamanculo, KaMavota (na periferia), KaNhaca e KaTembe (para além da Baía de Maputo) (Pimentel, 2013). O município da Matola compreende os postos administrativos da Matola Sede, do Infulene e da Machava (INE, 2021b; MAE, 2005).

Em termos estruturais, o desenvolvimento da cidade de Maputo, por exemplo, vem acontecendo com a progressiva substituição das zonas de caniço pela edificação de infraestruturas convencionais. A convivência entre o “caniço” e o “cimento” em Maputo é fruto, segundo Machanguana (2020), dos efeitos das migrações (campo – cidade).

3.2. INVENTARIAÇÃO DE EMISSÕES VEICULARES

Esta secção apresenta os poluentes inventariados e o modelo geral utilizado neste estudo, para se estimar as emissões dos veículos, utilizando como fonte de dados informações relativas à frota circulante, consumo aparente de combustível, factores de emissão, autonomias e intensidade de uso dos veículos.

Como já referenciado acima, que as emissões podem ser de carácter exaustivo e evaporativo. No grupo dos gases de exaustão estão inclusos o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogénio (NO_x), os aldeídos totais (RCHO), o dióxido de enxofre (SO₂)¹ e material particulado (MP). Nesse grupo estão também os gases de efeito estufa: dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O).

As emissões evaporativas e de abastecimento são formadas por vapores de gasolina e etanol e definidas como hidrocarbonetos não metano (HC). Na tabela 3 são apresentados os poluentes e gases de efeito estufa incluídos neste Inventário.

¹ As emissões de SO₂ estão ligadas ao teor de enxofre no diesel, na AMM só são comercializadas as classes de diesel com teor de enxofre (S10 e S50) mais baixas, devido a isso as emissões de SO₂ não serão incluídas nesse inventário.

Tabela 3: *Poluentes incluídos no Inventário.*

Poluentes	Veículos do ciclo otto	Veículos do ciclo Diesel
Monóxido de carbono (CO)	✓	✓
Óxidos de Nitrogénio (NO _x)	✓	✓
Material particulado (MP)	✓	✓
Hidrocarbonetos não metano (HC)	✓	✓
Dióxido de Carbono (CO ₂)	✓	✓
Oxido Nitroso (N ₂ O)	✓	✓

3.2.1. CÁLCULO DAS EMISSÕES

Como já foi referenciado anteriormente as principais fontes das emissões produzidas pelos automóveis são os gases expelidos pelo sistema de escapamento e os gases originados da evaporação do combustível, essa secção vai procurar descrever detalhadamente como são feitas as estimativas das emissões oriundas dessas fontes.

3.2.1.1. EMISSÕES DE ESCAPAMENTO

De acordo com Cetesb (2012 & 2021), a equação geral para o cálculo das emissões de escapamento é dada a seguir:

Equação 3: *Calculo de emissões por escapamento*

$$E = Fe \times Iu \times Fr$$

Onde:

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

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

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

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

a. ESTIMATIVA DA FROTA CIRCULANTE

A estimativa da frota circulante pode fornecer a esse inventário subsídios para análise e proposição de acções específicas, com vistas à formulação e avaliação de políticas públicas relacionadas à qualidade do ar e mudanças climáticas, a frota de veículos foi categorizada segundo a tabela 4.

Tabela 4: *Categorização dos veículos. Adaptado de (Cetesb, 2021) & (MTC)*

Categoria		Motor/ Combustível	Descrição/ Definição
Ligeiros	Automóveis	Otto/ Gasolina	Veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até 9 pessoas, exclusive o condutor. Ex: sedan, hatch, cupê, station wagon e conversível.
	Comerciais Leves		Veículo automotor destinado ao transporte de pessoas ou carga, com peso bruto total de até 3.500 kg ou especialmente projetado para permitir também uso fora de estrada. Ex: minibus, jipes, crossover
Pesados	Camiões Leves (3,5t < PBT < 10t)	Diesel	Veículo automotor destinado ao transporte de carga, com carroçaria, e PBT superior a 3.500 kg
	Camiões médios (10t ≤ PBT < 15t)		
	Camiões pesados (PBT ≥ 15t)		
Trator		Diesel	Veículos usados para trabalhos agrícolas.
Reboque			Veículos usados para rebocar outros veículos
Veículos Mistos			Carrinhas de caixa aberta com assentos usados para o transporte de pessoas e bens.
Autocarros			Veículo autocarros de transporte colectivo de pessoas e bens.
		GNV	

Para a categorização da frota veicular foram consideradas as seguintes simplificações ou adopções:

- Devido à falta de especificações foram incluídas na categoria ligeira os automóveis e comerciais leves e ainda por falta de especificação do tipo de combustível usado foram consideradas todas como sendo do ciclo de otto.
- Devido à falta de informação quanto ao tipo de combustível usado as categorias (pesado, trator, reboque, veículos mistos e autocarros) foram consideradas todas como sendo usuárias do diesel.

Para o cálculo da estimativa da frota circulante da região metropolitana de Maputo, utilizaram-se os dados da frota registrada fornecidos pelos anuários estatísticos do MTC a partir do ano 2005 a 2021 (anexo 2) e para frota de autocarros os dados foram fornecidos pela AMT (Anexo 3). Em seguida, os valores da frota foram multiplicados, ano a ano, pela taxa de sobrevivência publicada no relatório (Cetesb, 2021), como ilustra a equação 4.

Equação 4: Cálculo da frota circulante

$$Fr_{ano, modelo k} = V_{ano, modelo k} \times (1 - S_{ano, modelo k})$$

Onde:

Fr ano, Modelo k = frota circulante do ano, modelo k;

V ano, modelo k = número de veículos do ano, modelo k que entraram em circulação no ano;

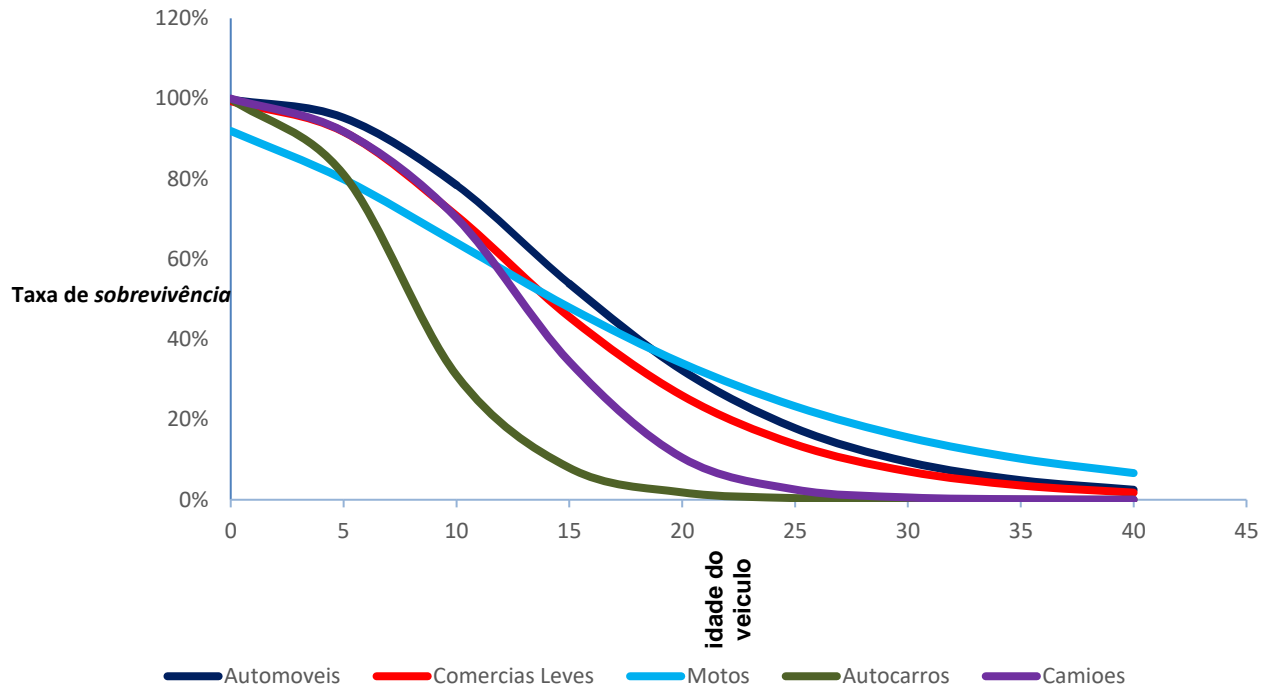
S ano, modelo k = é a fracção de veículos do ano, modelo k já sucateados e que, portanto, já não circulam no ano.

O somatório dos resultados obtidos é a frota em circulação do ano de interesse. O gráfico 1, apresenta as taxas de sobrevivência empregadas nos cálculos, que indicam o percentual de veículos que sobrevivem ao longo do tempo. A taxa de sucateamento² é o complementar

² Taxa de sucateamento - Função desenvolvida a partir de um modelo estatístico que aplicada à frota de veículos novos permite estimar a frota circulante, retirando parte dos veículos que saíram de circulação em função de sucateamento causado por acidentes com perda total, furtos sem recuperação, desmonte, abandono etc

da taxa de sobrevivência e a parametrização adoptada para o levantamento das mesmas é descrita no anexo 1.

Gráfico 1: Taxa de sobrevivência das categorias dos veículos. Adaptado de (Lopes et al., 2010).



Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas da frota circulante da região metropolitana de Maputo em 2021, da cidade de Maputo e devido à falta de dados separados da frota registrada nos municípios de Boane, Matola e Marracuene, considerou-se a frota registrada de Maputo província como sendo o somatório desses três municípios pelo facto desses contribuírem com maior densidade populacional do que os restantes municípios que compõem a província e quanto a frota de autocarros é somente apresentada para região metropolitana visto que a mesma, durante suas actividade não opera num único município, pode cruzar um ou mais municípios e com isso é extremamente complexo estimar a frota de autocarros que operam somente em único município.

Tabela 5: Estimativa da Frota Circulante. (Autor)

Categorias	Combustível	Idade média³	Região metropolitana de Maputo	Município de Maputo	Município de MBM
Ligeiros	Gasolina	6	569012	238802	330210
Motos		7	57335	17193	40142
Pesados	Diesel	7	129938	54625	75313
Tratores		6	6786	2577	4209
Reboques		6	19897	8466	11431
Veículos Mistos ⁴		2	13	nd	Nd
Autocarros		5	386	nd	Nd
	GNV	2	80	nd	Nd
Total		5	783.447.00	321.664.00	461.305.00

nd - não disponível

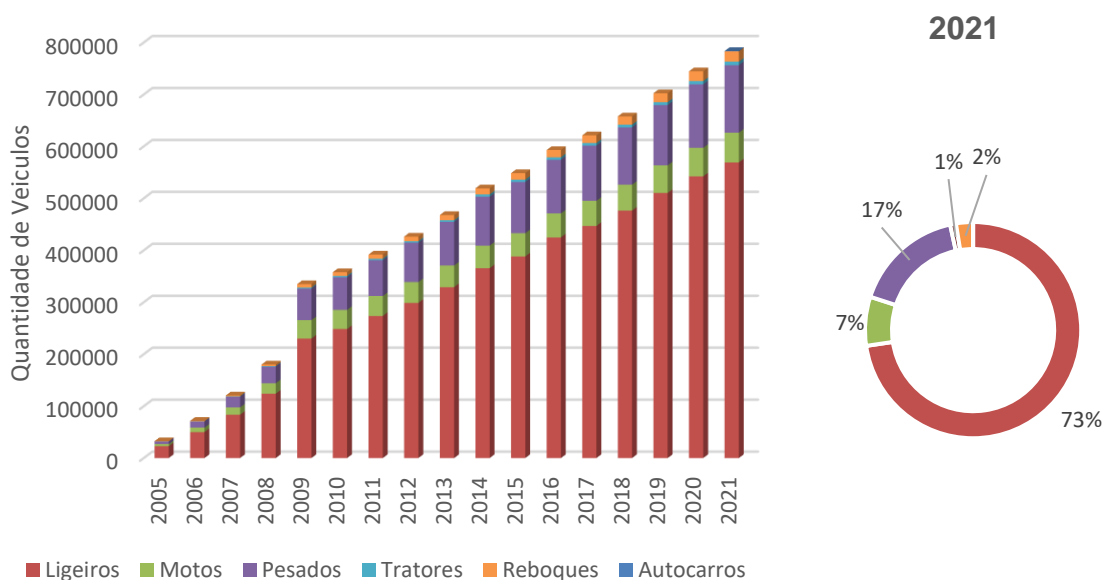
Nos anexos 4,5 e 6 encontram-se as estimativas da frota circulante dos anos de 2005 a 2020 para a região metropolitana de Maputo e para os municípios de Maputo e MBM.

No gráfico 2 é apresentada a evolução da frota circulante na região metropolitana de Maputo, no período de 2005 a 2021, por categoria de veículos e em destaque a participação de cada categoria em 2021. Observa-se que desde 2007 a frota circulante está em torno de centenas de milhares de veículos. No destaque, podemos observar que quase 70% da frota é composta pelos automóveis ligeiros.

³ A idade média foi calculada a partir da média aritmética ponderada da frota registrada na AMM, tendo 2021 como o primeiro ano e 2005 como o último.

⁴ Veículos mistos - Carrinhas de caixa aberta com assentos, aceites actualmente pela AMT, para o transporte de passageiros e cargas (anexo 15).

Gráfico 2: Evolução da frota circulante região metropolitana de Maputo por categorias. (Autor)



b. INTENSIDADE DE USO

Intensidade de uso é a distância percorrida pelo veículo ao longo de um período (Cetesb, 2012). Neste relatório, o período é anual. E devido à escassez de informações referentes à intensidade de uso da frota de veículos, quer seja de ligeiros, pesados, motorizadas ou veículos para o transporte de carga. Foram identificados poucos estudos, em geral de pouco representatividade ou abrangência, e que serviram apenas como pontos de partida para as estimativas deste inventário. Dadas as incertezas envolvidas nos valores de intensidade de uso propostos, optou-se por ajustá-los ao consumo de combustível rodoviário verificado no país.

Segundo Brazil (2011) e Cetesb (2021), para o cálculo da intensidade de uso ajustada aplica-se a equação a abaixo:

Equação 5: Intensidade de uso ajustada

$$Iu_{ajustada} = Iu_{ref} \times \left(\frac{C_{observado}}{C_{estimado}} \right)$$

Onde:

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

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

C_{est} = Consumo anual total de combustível (de todas as categorias de veículos), estimado a partir dos valores de intensidade de uso de referência (L/ano);

C_{obs} = Consumo de combustível anual total apresentado pela MIREME (L/ano);

Contudo, devido à falta de dados do consumo observado de combustível na direção nacional de hidrocarbonetos e combustível (DNHC-MIREME) para pequenas regiões, incluído a área de estudo, a intensidade de uso não será ajustada. Para efeitos de cálculo será usada a intensidade de uso de referência que é extraída a partir das equações que constam no relatório "Cetesb. (2013). *Curvas de intensidade de uso por tipo de veículo automotor de frota de cidade de são paulo*".

Os gráficos 3 e 4 apresentam as curvas de intensidade de uso de referência para veículos do ciclo otto e diesel, respectivamente, seus valores são tabelados no anexo 7.

Gráfico 3: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo otto. Adaptado de (Cetesb, 2013)

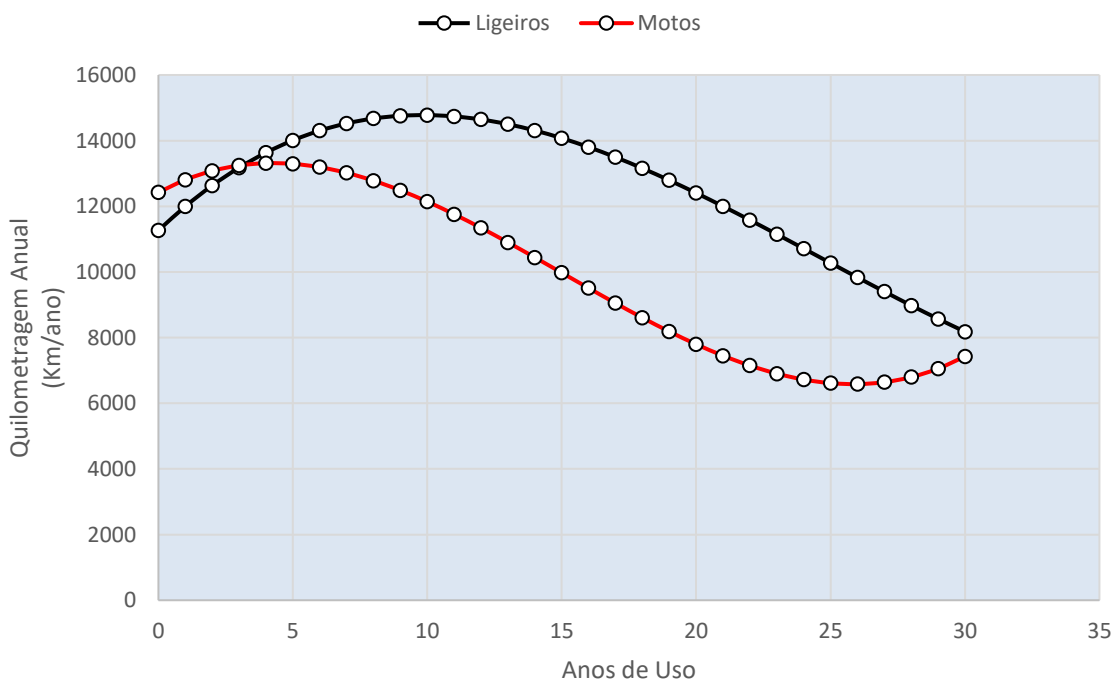
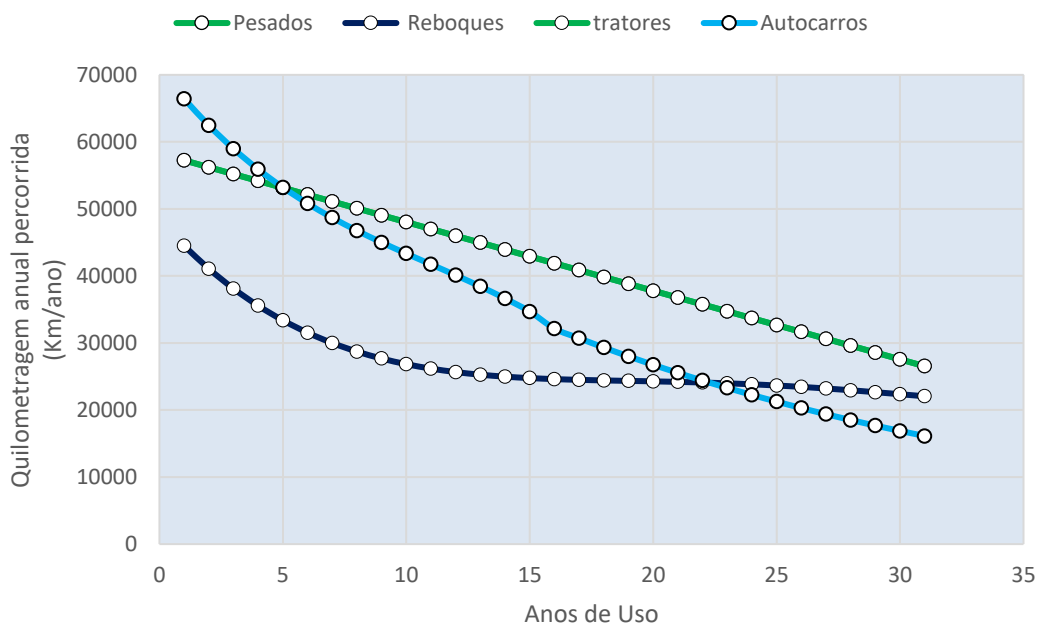


Gráfico 4: Intensidade de uso de referência para veículos do ciclo Diesel. Adaptado de (Cetesb, 2013)



NB: De referir que o ano de uso é originalmente em função do ano de fabrico, contudo, visto que no país usam-se mais veículos de segunda mão, para esse inventario será em função do ano de registro no país.

c. FACTOR DE EMISSÃO

Factor de emissão é a massa de poluente emitida pelos veículos ao circular por uma determinada distância ou, no caso de motores, ao produzir determinada quantidade de trabalho mecânico, eles são apresentados de acordo com as categorias de veículos, combustível, ano de fabricação e respectivos poluentes emitidos.

Esses valores foram obtidos nos relatórios publicados pela cetesb a partir de informações recebidas dos fabricantes ou importadores de veículos ou motores por meio dos relatórios de valores de emissão de produção (RVEP) e dos relatórios de vendas, quando existentes. Na ausência desses, são utilizados factores de emissão da homologação ou descritos na literatura.

Os RVEP são elaborados pelos fabricantes e importadores após realizar ensaios de emissão em amostras dos veículos ou motores. Os dados de emissão de cada veículo

ensaiado são tratados estatisticamente e são calculados os valores médios de emissão em função da participação de cada modelo no mercado.

- **Factores de emissão para veículos ligeiros do ciclo otto**

Este Inventário utiliza os factores de emissão publicados no relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2021, Cetesb (2021), para os veículos fabricados entre 1980 e 2021. Os factores de emissão, para veículos novos e que rodaram até 80 mil km são apresentados no anexo 8, a partir disso e a cada 80 mil km, os factores de emissão de alguns dos poluentes devem sofrer incrementos (tabela 6).

- **Factores de emissão de Veículos convertidos para o uso de GNV**

Actualmente não são comercializados veículos novos desenvolvidos para usar GNV. Entretanto, por determinado período foram realizadas homologações de conversões de veículos. Os factores médios de emissão de veículos convertidos para uso do GNV encontram-se no anexo 9. No cálculo efectuado nesse inventário foram utilizados factores após a conversão de 2007, devido à falta de dados do ano 2021.

- **Factores de emissão para veículos do ciclo diesel**

O Anexo 10 apresenta os valores do factor de emissão de motores diesel para veículos pesados, originalmente em g/kWh, convertidos em g/km (Anexo 11). Para essa conversão foram utilizadas as equações 6 e 7, conforme metodologia apresentada no inventário da Cetesb (2021), dependente do consumo específico de combustível apresentado no anexo 8 e dos valores de autonomia dos veículos apresentados no anexo 9.

De referir que as emissões de CO₂ para a categoria de veículos que usam o motor de ciclo diesel, só começaram a ser contabilizadas partir de 2011, isto devido a indisponibilidade dos factores de emissão de CO₂ nos anos anteriores a 2011.

Equação 6: Conversão dos factores de emissão de g/kWh para g/km

$$\frac{g_{poluente}}{km} = \frac{g_{poluente}}{g_{diesel}} \times \frac{g_{diesel}}{L_{diesel}} \div \frac{km}{L_{diesel}}$$

Equação 7: Conversão dos factores de emissão de g/kWh para g/km

$$\frac{g_{poluente}}{g_{diesel}} = \frac{g_{poluente}}{kWh} \div \frac{g_{diesel}}{kwh}$$

o **Factores de emissão para Motos**

Os factores de emissão para as motorizadas a partir de 2013 foram obtidos através de dados dos relatórios de valores de emissão de produção (RVEP) e são apresentados em duas categorias: menor ou igual a 150 cilindradas e maiores que 150 cilindradas, separados ainda por gasolina, flex-gasolina e flex-etanol. Mas devido à falta de especificações das cilindradas das motorizadas nos anuários estatísticos do MTC, nesse inventário foram feitos cálculos considerando apenas motorizadas menos a 150 cilindradas. Os factores de emissão para motos são apresentados no anexo 12.

Os factores de emissão são afectados pelas condições de uso, pelo estado de manutenção e por condições ambientais. Por insuficiência de dados consistentes sobre factores de emissão para os veículos em condições reais de uso, na elaboração deste inventário são considerados apenas os valores gerados nos ensaios de durabilidade, estabelecidos pela cetesb a partir de 2003. Estes ensaios são realizados com o objectivo de verificar se os limites de emissão estabelecidos são respeitados por no mínimo 80.000km de uso dos veículos, considerando-se as condições de manutenção recomendadas pelos fabricantes.

A partir dos valores obtidos nos ensaios de durabilidade e dos factores de emissão de veículos novos, A tabela 6 apresenta incrementos médios do factor de emissão por acúmulo de rodagem.

Tabela 6: Incremento médio de emissões por acúmulo de rodagem, em g/80.000km. (Cetesb, 2021)

Combustível	Poluentes			
	CO	NO _x	HC	RCHO
Gasolina	0,263	0,030	0,023	0,00065
Etanol hidratado	0,224	0,020	0,024	0,00276

3.2.1.2. EMISSÕES EVAPORATIVAS

De acordo com Cetesb (2012 & 2021), a equação geral para o cálculo das emissões evaporativas é dada a seguir:

Equação 8: *Calculo de emissões evaporativas*

$$E = \sum_s Ds \times \sum_j Nj \times (HS_j + e_{dj} + RL_j)$$

Onde:

E = Emissões evaporativas de hidrocarbonetos anuais (g)

Ds = Números de dias no qual o factor de emissão deve ser aplicado

Nj = Quantidade de veículos na categoria inventariada.

HS_j = Média diária hot soak (g/dia)

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

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

O anexo 13 apresenta os valores dos factores de emissão evaporativa para automóveis leves do ciclo otto.

4. RESULTADOS

As estimativas de emissão de poluentes foram calculadas para toda região metropolitana de Maputo considerando a frota de veículos em circulação listada na tabela 4.

Nas tabelas e gráficos que apresentam as emissões foi utilizado o parâmetro HC_{Total}, para totalizar as emissões de hidrocarbonetos emitidos pelo escapamento e evaporação da gasolina.

Para veículos com motor do ciclo diesel são contabilizadas apenas as emissões de HC pelo escapamento, pois não há dados disponíveis da emissão evaporativa, dessas categorias. E durante o cálculo das emissões evaporativas em motorizadas foram usados factores de emissão evaporativas de veículo ligeiro, devido à falta de factores para essa categoria de veículo.

Os resultados das estimativas de emissão de poluentes locais na região metropolitana de Maputo em 2021 são apresentados na tabela 7, segregados por categoria de veículo e combustível.

Tabela 7: Estimativas da emissão veicular na região metropolitana de Maputo em 2021.

Categorias	Combustível	Emissões por poluente (t)					
		CO	NO _x	HC _{Total}	MP	CO ₂	N ₂ O
Ligeiros	Gasolina	1140,38	118,27	137,68	8,14	1515851,20	164,29
Motos		362,78	18,58	81,97	2,61	30295,29	1,49
Pesados	Diesel	1258,97	10224,87	102,62	81,28	4926810,95	195,22
Tratores		67,09	544,88	5,47	4,33	262547,11	10,40
Reboques		196,72	1597,70	16,03	12,70	769846,58	30,50
Veículos Mistos		0,15	1,20	0,01	0,01	1059,09	0,02
Autocarros		9,26	52,71	0,65	0,48	27094,61	0,59
	GNV	1,75	1,32	0,99	nd	698,31	Nd
Total		3.037,10	12.559,53	345,43	109,56	7.534.203,14	402,53

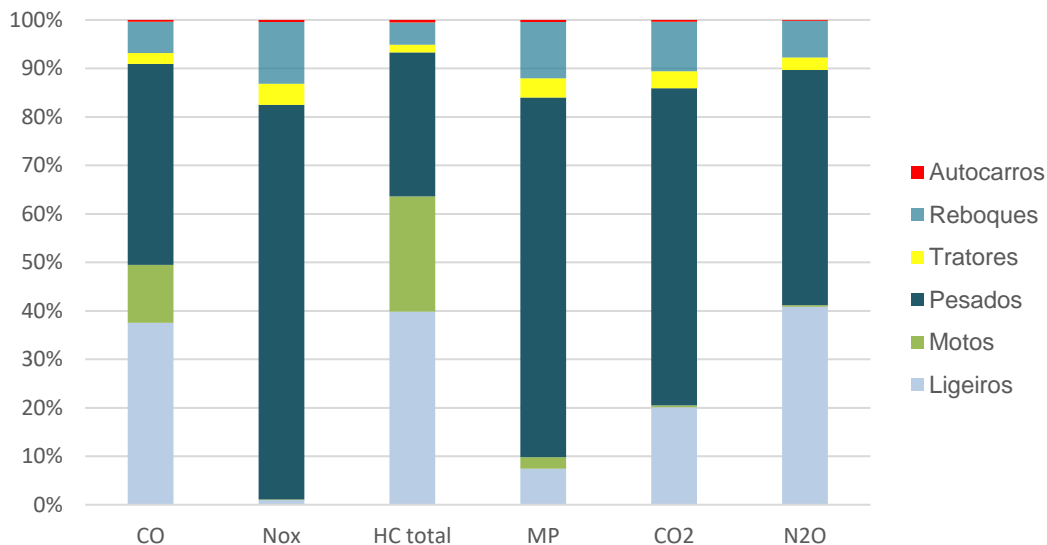
nd- Não disponível

No gráfico 5 é mostrada a contribuição relativa de cada categoria de veículo nas emissões dos poluentes na AMM em 2021. Pode-se destacar um equilíbrio na contribuição dos veículos de ciclo otto e pesados, na emissão de CO e uma maior contribuição dos veículos de ciclo otto na emissão de HC Total. Essas emissões são características desse tipo de motor e a grande quantidade de veículos nessas categorias faz com que sua contribuição seja predominante.

Os caminhões pesados, tratores e reboques destacam-se pela grande participação nas emissões de NO_x e MP. Esses poluentes são característicos dos motores do ciclo diesel. O uso intensivo dessas categorias reflete na participação elevada na emissão total desses poluentes.

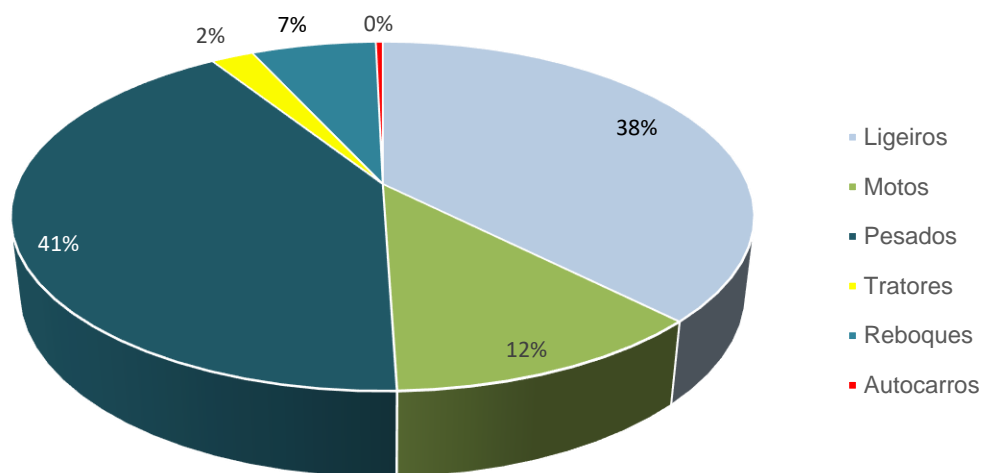
E por fim pode se observar que as emissões de CO₂, estão ligadas em grande parte aos veículos de ciclo diesel.

Gráfico 5: *Contribuição relativa de cada categoria na emissão de poluentes na região Metropolitana de Maputo em 2021*



No gráfico 6 é apresentada a participação percentual das categorias para o poluente CO. Os veículos pesados são os maiores contribuintes, com participação de 41% na emissão total.

Gráfico 6: Contribuição das categorias de veículos na emissão de monóxido de carbono na região metropolitana de Maputo em 2021

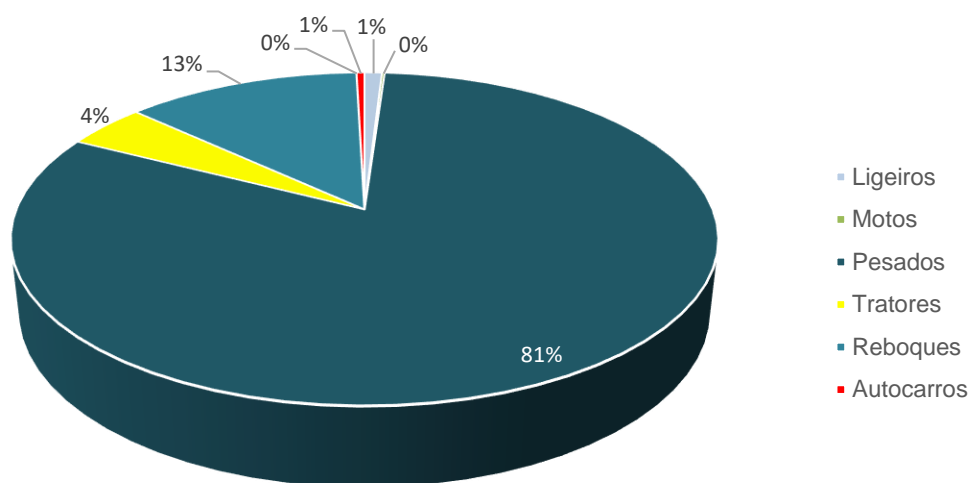


Segundo *Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution | US EPA (2023)*, não é provável que níveis muito altos de CO ocorram ao ar livre. No entanto, quando os níveis de CO são elevados ao ar livre, eles podem ser uma preocupação particular para pessoas com alguns tipos de doenças cardíacas. Essas pessoas já têm uma capacidade reduzida de levar sangue oxigenado ao coração em situações em que o coração precisa de mais oxigênio do que o normal. A exposição de curto prazo ao CO elevado pode resultar em oxigênio reduzido para o coração, acompanhado de dor no peito, também conhecida como angina.

Em níveis muito altos, que são possíveis dentro de casa ou em outros ambientes fechados, o CO pode causar tontura, confusão, inconsciência e morte.

No gráfico 7 é apresentada a participação percentual das categorias para o poluente NO_x . Para esse poluente, a maior contribuição é da categoria pesados, tratores e reboques, como é possível ver no detalhamento. Na sequência, destacam-se as contribuições dos ligeiros e dos autocarros.

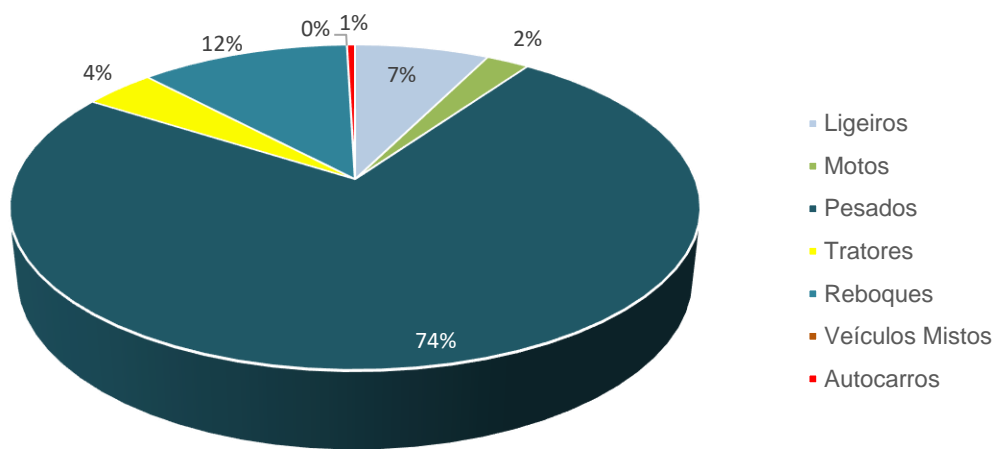
Gráfico 7: Contribuição das categorias de veículos na emissão de óxidos de nitrogénio na região metropolitana de Maputo em 2021



De acordo com *Basic Information about NO₂ | US EPA (2023) & OPAS e OMS (2021)*, respirar ar com alta concentração de NO₂ pode irritar as vias aéreas do sistema respiratório humano. Tais exposições por curtos períodos podem agravar doenças respiratórias, principalmente asma, levando a sintomas respiratórios (como tosse, chiado ou dificuldade para respirar), internações hospitalares e atendimentos de emergência. Exposições prolongadas a concentrações elevadas de NO₂ podem contribuir para o desenvolvimento de asma e potencialmente aumentar a suscetibilidade a infecções respiratórias.

No gráfico 8 é apresentada a participação percentual das categorias para o poluente MP. Para esse poluente, a maior contribuição também é da categoria do ciclo de diesel (pesados, tratores e reboques), como é possível observar no detalhamento e também verifica-se uma ligeira contribuição dos veículos ligeiros.

Gráfico 8: Contribuição das categorias de veículos na emissão de material particulado na região metropolitana de Maputo em 2021



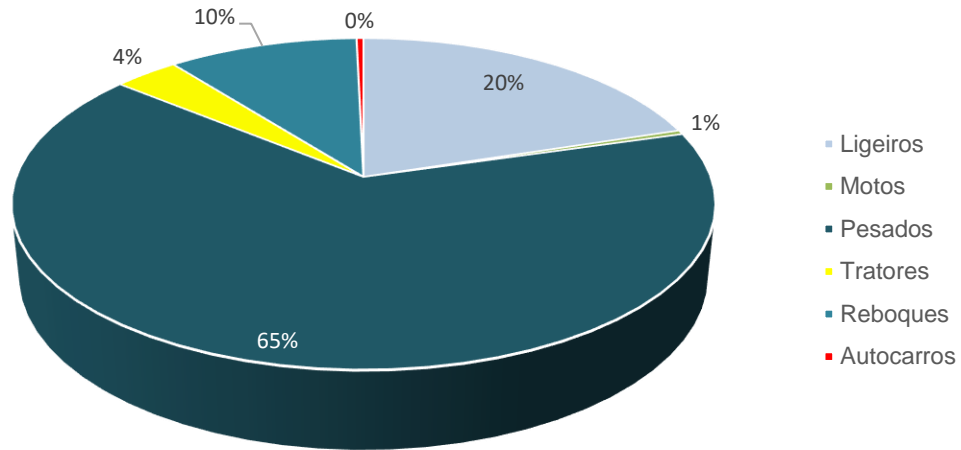
Segundo *Particulate Matter (PM) Basics | US EPA (2023) & TCE (2018)*, o tamanho das partículas está directamente ligado ao seu potencial de causar problemas de saúde. Pequenas partículas com menos de 10 micrômetros de diâmetro representam os maiores problemas, porque podem penetrar profundamente nos pulmões e algumas podem até entrar na corrente sanguínea.

A exposição a tais partículas pode afectar os pulmões e o coração além de uma variedade de problemas, incluindo:

Morte prematura em pessoas com doença cardíaca ou pulmonar, ataques cardíacos não fatais, arritmia cardíaca, asma agravada, diminuição da função pulmonar, aumento dos sintomas respiratórios, como irritação das vias respiratórias, tosse ou dificuldade em respirar.

No gráfico 9 é apresentada a participação percentual das categorias para o poluente CO₂. Para esse poluente, a maior contribuição é da categoria pesados e seguidamente a categoria dos veículos ligeiros, como é possível ver no detalhamento. Na sequência, destacam-se as contribuições dos tratores e reboques.

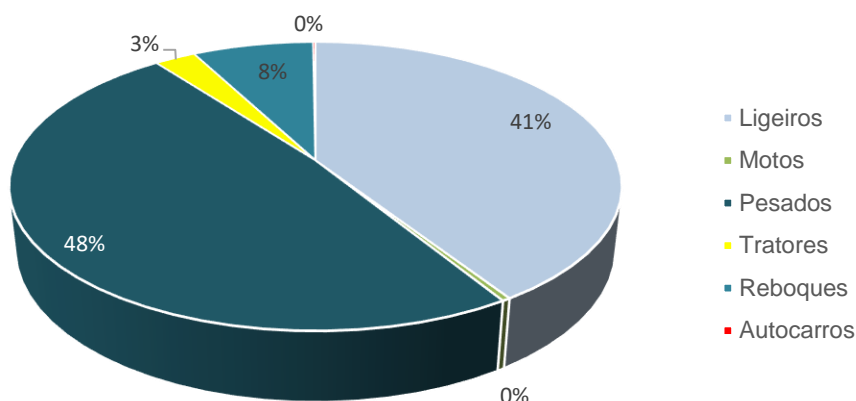
Gráfico 9: Contribuição das categorias de veículos na emissão de dióxido de carbono na região metropolitana de Maputo em 2021



Segundo Dondero & Jr Reis (2002), as emissões de CO₂, que embora não seja considerado um poluente clássico, apresentam uma baixa toxicidade a saúde humana, contudo o que deve ser levado em conta, é a sua participação na intensificação do efeito estufa ou aquecimento global.

No gráfico 10 é apresentada a participação percentual das categorias para o poluente N₂O. Para esse poluente, verifica-se um quase equilíbrio entre a categoria pesados e ligeiros, como é possível ver no detalhamento abaixo. Na sequência, destacam-se as contribuições quase ínfimas dos tratores e reboques.

Gráfico 10: Contribuição das categorias de veículos na emissão de óxido nítrico na região metropolitana de Maputo em 2021



Os efeitos colaterais provocados pela exposição ao óxido nítrico são raríssimos. Contudo, alguns indivíduos podem apresentar uma leve tosse e formação de secreções nas vias aéreas (Gurgueira & Carvalho, 2003), mas assim como do CO₂ o grande problema desse poluente está na intensificação do fenômeno efeito estufa (Jr Reis, 2002).

Na tabela 8 são apresentados os valores de emissão de HC, segregados por tipo, origem (escapamento, evaporativa), categoria de veículo e combustível. Por não existirem dados disponíveis para estimar a emissão evaporativa para as categorias motos, foram usados os mesmos factores de emissão da categoria ligeiro. Para veículos com motor do ciclo diesel, como pesados, tratores, reboques, veículos mistos e autocarros as emissões evaporativas são desprezíveis devido à baixa evaporação do combustível usado.

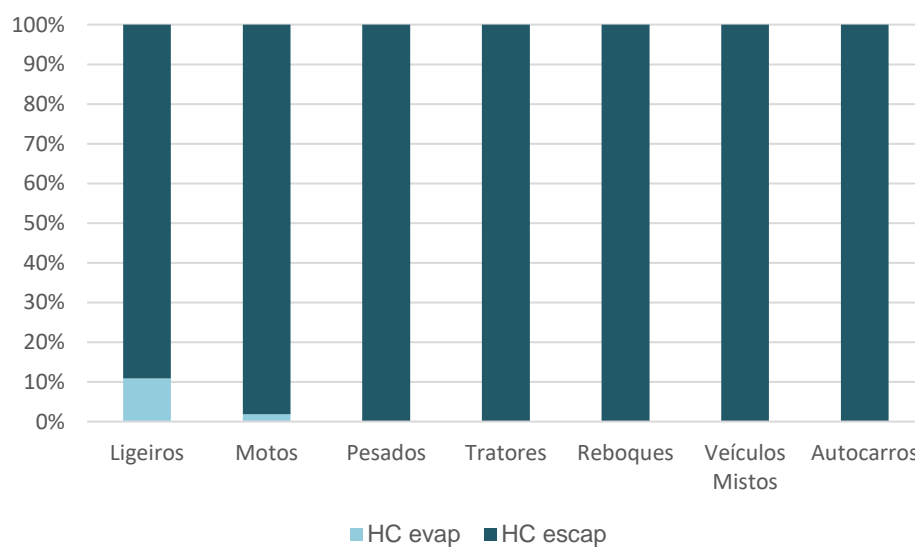
Tabela 8: Estimativa de emissões evaporativas.

Categorias	Combustível	Emissões por poluente (t)	
		HC evaporativas	HC escapamento
Ligeiros	Gasolina	14,99	122,69
Motos		1,51	80,46
Pesados	Diesel	nd	102,62
Tratores			5,47
Reboques			16,03
Veículos Mistos			0,01
Autocarros			0,65
	GNV		0,99

Total	16,50	328,93
-------	-------	--------

No gráfico 11 é apresentada a contribuição por origem e categoria de veículo na emissão de HC na região metropolitana de Maputo em 2021. Observa-se que a emissão de HC de escapamento é seguida de longe pelas emissões evaporativas tanto na categoria ligeiro bem como na categoria motos. Para as categorias pesados, tratores, reboques, veículos mistos e autocarros, ou seja, veículos com motor do ciclo diesel, são apenas consideradas as emissões de HC de escapamento.

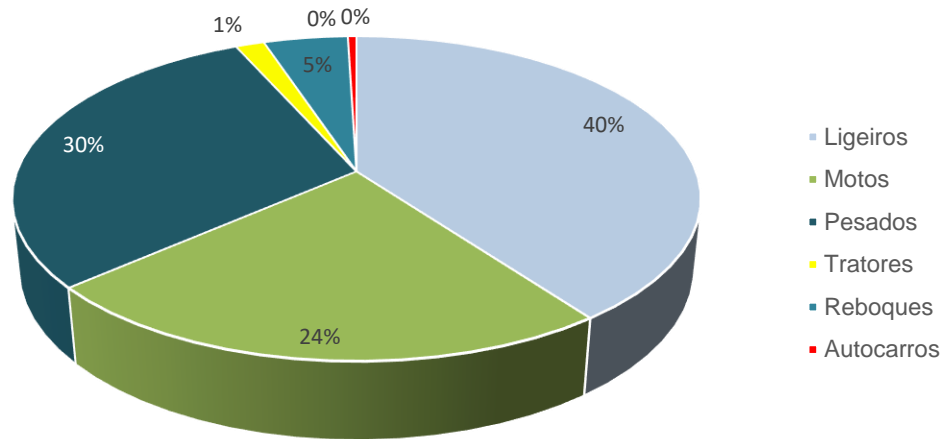
Gráfico 11: *Contribuição relativa na emissão HC_{Total} por origem e categoria na região metropolitana de Maputo em 2021.*



No gráfico 12 é apresentada a participação percentual das categorias para o grupo de poluentes HC_{Total}, que incluem as emissões de HC escapamento e HC evaporativo. Os ligeiros são os maiores contribuintes, com participação de 40 % na emissão total.

No caso das categorias de veículos que utilizam motor do ciclo diesel, como pesados, tratores, reboques, veículos mistos e autocarros, considera-se apenas as emissões de escapamento, visto que as emissões evaporativas são consideradas insignificantes em função da característica do combustível.

Gráfico 12: Contribuição das categorias de veículos na emissão de HT_{Total} na região metropolitana de Maputo em 2021



De acordo com Dondero (2002), respirar altas concentrações de hidrocarbonetos pode causar dores de cabeça, vertigem e irritação de olhos. Alguns hidrocarbonetos, como os benzo-pirenos, são tidos ainda como poderosos agentes cancerígenos. Outros tipos de hidrocarbonetos reagem na atmosfera promovendo a formação de SMOG fotoquímico (“smoke+fog” ou fumaça+ neblina).

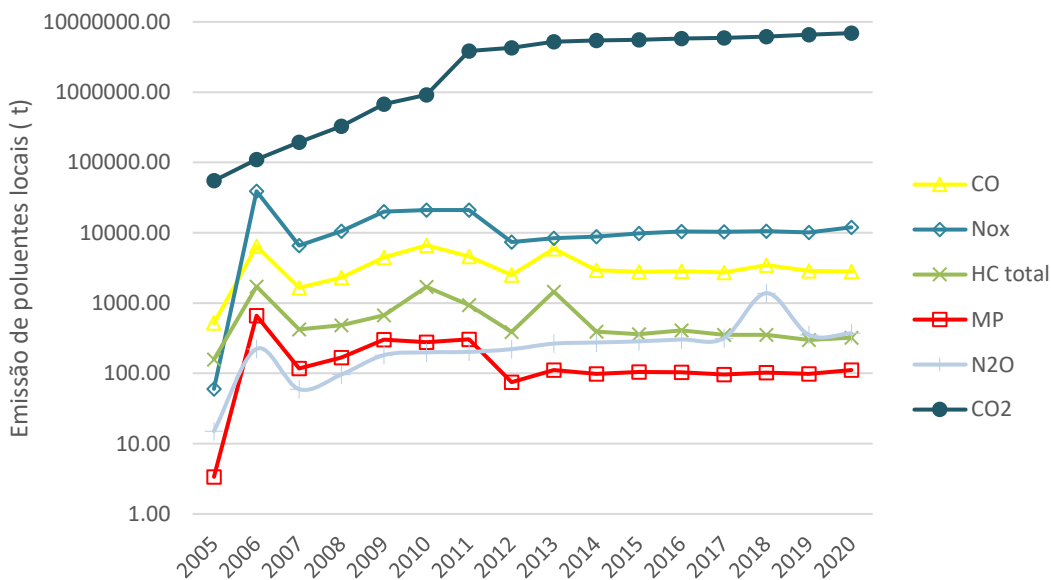
As contribuições demonstradas nos gráficos anteriores refletem o conjunto das emissões de toda a frota na região metropolitana de Maputo. O impacto dessas emissões na qualidade do ar e na saúde da população está ligado à contribuição de cada categoria em um espaço geográfico determinado.

Para exemplificar, é esperado que a maior parte das emissões de pesados e autocarros se dispersem ao longo das rodovias, onde essas categorias concentram sua actividade. Portanto, elas impactam menos as regiões urbanas mais densamente povoadas. Por outro lado, é esperado que os veículos das categorias ligeiros e motos circulem mais em ambientes urbanos e, portanto, impactem mais a qualidade do ar e a saúde das populações.

No gráfico 13 é apresentada a evolução das emissões de poluentes locais no período de 2005 a 2021, na AMM (anexo 14). Mesmo com o crescimento exponencial da frota circulante, como apresentado no gráfico 2, a emissão dos poluentes é decrescente em comparação aos períodos iniciais desse estudo, tal facto é motivado pela incorporação de veículos com novas tecnologias em substituição aos veículos antigos e mais poluidores.

Tal facto não é aplicado as emissões de CO₂ que apresentam um crescimento. Para estimativa da curva desse poluente entre o período de 2005 a 2011 só foram contabilizadas apenas as emissões de CO₂ emitidas por veículos ligeiros e motos pós os veículos que usam motor de ciclo diesel não apresentavam factores de emissão e de 2011 em diante foram contabilizadas emissões de todas as categorias.

Gráfico 13: *Evolução temporal das emissões de poluentes na região metropolitana de Maputo*



4.1. MEDIDAS DE CONTROLO E REDUÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES NA REGIÃO METROPOLITANA DE MAPUTO

Nessa secção serão apresentadas as premissas de aplicabilidade ou não aplicabilidade das medidas de controlo e redução de emissões veiculares na região metropolitana de Maputo

A tabela a seguir ilustra os métodos de controlo e suas descrições

Tabela 9: Aplicabilidade das medidas de controle e redução a AMM. (Autor)

Medidas de controle e Redução	Aplicabilidade/Não aplicabilidade	Descrição
Programas de inspeção e manutenção	Aplicável	Essa medida pode ser aplicável para AMM, porque simplesmente consiste em uma gama de inspeções para avaliar os itens de segurança e de emissão de poluentes dos veículos.
Medidas de melhoria de tráfego	Aplicável	As medidas de melhoria de tráfego visam reduzir as emissões veiculares através da redução do número de veículos na estrada e no tempo de viagem cada uma. Um exemplo da aplicação dessas medidas seria a melhoria e ampliação das principais vias de acesso na AMM.
Melhorias na qualidade do combustível	Aplicável	Essa medida já está sendo aplicada na AMM, um dos exemplos é que segundo o decreto 95/2018 o diesel comercializado é da classe S10 e S50 que contém concentração de enxofre mais baixa e a gasolina é sem Pb
Uso de veículos com combustíveis alternativos	Parcialmente Aplicável	Essa medida consiste em usar veículos movidos a combustíveis alternativos como eletricidade ou gás natural, na AMM existe uma fracção muito pequena de veículos movidos a gás natural e nenhuma fracção de veículos eléctricos, em parte devido aos custos elevados de manutenção, componentes e mais
políticas econômicas	Aplicável	Essa medida consiste em redução de impostos/ taxas ou subsídios, para estimular a eliminação precoce de veículos de alta emissão, diminuição da média etária dos veículos, uso da melhor tecnologia, uso de combustíveis alternativos como o gás natural.

<p>Planeamento dos sistemas de transportes públicos</p>	<p>Aplicável</p>	<p>Essa medida consiste em restringir uso de veículos particular e encorajar o uso de transportes públicos mais primeiramente deve se aumento da qualidade do transporte público, como: A melhoria da frota, da infraestrutura, incluindo vias, serviço de Autocarros expresso, terminais de passageiros, paradas e calçadas; A ampliação e a implementação de faixas exclusivas para Autocarros e etc..</p>
<p>Medidas de Controle de Tráfego Temporal</p>	<p>Aplicável</p>	<p>As medidas de controle tráfego temporal consistem em reduzir o nível de emissões colocando restrições de carácter temporal. Por exemplo os caminhões só podem operar da meia noite às 6h, a menos que recebessem passes especiais.</p>

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

Esse trabalho quantificou a contribuição dos veículos automóveis na emissão de poluentes atmosféricos na região metropolitana de Maputo. Para tal foram determinadas emissões de CO, NO_x, HC, MP, CO₂ e N₂O, baseando-se na técnica de inventariação e os resultados foram comparados ao decreto 67/2010 para determinar o seu efeito sobre a saúde pública. Com isso constatou-se que até 2021 circulavam cerca de 853 mil veículos, esse facto é preponderante para emissão de poluentes atmosféricos na metrópole de Maputo.

Essa determinação das emissões veiculares de veículos leves (ligeiros, motos) e veículos pesados (camiões, tratores, reboques e autocarros) na AMM em 2021 revelou valores consideráveis quanto comparados aos encontrados em outros inventários mundo a fora. Em toneladas, as emissões totais estimadas de CO, NO_x, MP, HC, CO₂ e N₂O foram, respectivamente, 3037.10, 12559.53, 109.56, 345.43, 7534203.14, 402.53.

Dos poluentes inventariados, os veículos pesados são responsáveis pelas emissões de 41% de CO, seguidos pelos veículos ligeiros com uma contribuição de 38% do mesmo poluente, no que concerne as emissões dos NO_x e MP, os veículos pesados são responsáveis pela maioria das emissões com cerca de 81% e 74% do total das emissões, respectivamente, seguidos pela categoria reboque com 13% e 12% respectivamente. Quanto aos demais poluentes inventariados os veículos ciclo diesel apresentam maiores emissões totais, com a excepção do HC Totais.

No caso de estarem em níveis elevados os seus efeitos, principalmente na região dos centros urbanos, podem agravar a qualidade do ar e gerar elevados impactos à saúde da população, tais como doenças respiratórias, principalmente asma, tosse, chiado ou dificuldade para respirar, doença cardíaca ou pulmonar, ataques cardíacos não fatais, arritmia cardíaca, diminuição da função pulmonar, aumento dos sintomas respiratórios, como irritação das vias respiratórias, entre outros.

Existem métodos para reduzir os níveis de emissões, nomeadamente, programas de inspeção e manutenção dos veículos, melhoria das vias de acesso para reduzir o tempo de viagem, planeamento dos transportes públicos com vista a reduzir o tráfego nas estradas e com isso o tempo de viagem, políticas económicas e ainda medidas de controlo de tráfego temporal que consistem em restringir a circulação dos veículos mais robustos durante as horas de maior tráfego.

5.2. RECOMENDAÇÕES

Para trabalhos futuros envolvendo inventários de emissões em Moçambique, são dadas as seguintes recomendações:

- Que se produzam factores de emissões locais, principalmente os evaporativos tendo em conta a componente climática do país;
- Que se produzam curvas de intensidade de uso e sucateamento tendo em conta o sistema rodoviário local;
- Recomenda-se ainda que o Ministério dos Transportes faça a segregação dos novos registos em categoria e por tipo de combustível usado.
- E por fim recomenda-se a Direcção Nacional dos Hidrocarbonetos e Combustível (MIREME) que produza relatórios semestrais e anuais de consumo de combustível por província, distritos e municípios.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1997 Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change - Centre for International Law.* (n.d.). Retrieved February 24, 2023, from <https://cil.nus.edu.sg/database/cil/1997-kyoto-protocol-to-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change/>
- ANE. (n.d.). *sistema actual de rede de estradas.*
- Arante, E. (2019). *Number of vehicles on Mozambique's roads skyrocketed last year | Club of Mozambique.* <https://clubofmozambique.com/news/number-of-vehicles-on-mozambiques-roads-skyrocketed-last-year-141445/>
- Araújo, manuel G. mendes. (2012). *Espaço urbano demograficamente multifacetado: As cidades de Maputo e da Matola.* 1–35.
http://apdemografia.pt/ficheiros_comunicacoes/1853187958.pdf
- Ariotte, P. (2010). *Em Áreas Urbanas Através De Modelagem Híbrida Em Redes.*
- Azuaga, D. (2000). *Danos Ambientais Causados Por Veículos Leves No Brasil.*
- Babinski, B. L. (2017). *Primeiro Inventário De Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Leves: Estudo De Caso Da Contribuição Da Comunidade Da Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Câmpus Londrina – Pr.*
- Balassiano, R. (1991). *Alternativas tecnológicas para o ônibus urbano: avaliação do ônibus a gás natural comprimido, do tróleibus e de seus impactos ambientais atmosféricos.*
- Barth, M., An, F., Norbeck, J., & Ross, M. (1996). Modal emissions modeling: A physical approach. *Transportation Research Record*, 1520, 81–88.
<https://doi.org/10.3141/1520-10>
- Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution | US EPA.* (n.d.). Retrieved July 4, 2023, from <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#Effects>
- Basic Information about NO2 | US EPA.* (n.d.). Retrieved July 4, 2023, from <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#Effects>

- Basso, M. M. (2022). *Estudo De Viabilidade De Redução De Poluentes De Motores De Combustão Interna De Ciclo Diesel*.
- Brazil, M. do M. A. do. (2011). *1º Inventário Nacional De Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Rodoviários*.
- Brunetti, F. (2017). *Motores de Combustao Interna*.
- Cappiello, A. (2002). Modeling traffic flow emissions. In *Environmental Engineering*.
<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/1677>
- Carvalho, carlos H. R. (n.d.). *Emissões Relactivas De Poluentes Do Transporte Motorizado De Passageiros Nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros. 2011*.
- Castro, C. F. C. (2008). *Avaliação de factores intervenientes nas emissões veiculares em corredores de ônibus*.
- CESTEB. (2013). *Plano de controle de poluicao veicular do estado de sao paulo*.
- CESTEB. (2019). *Plano de controle de poluicao veicular*.
- CESTEB. (2022). *Plano de Controle de Poluição Veicular*.
- Cetesb. (2012). *Emissões veiculares no estado de sao paulo*.
- Cetesb. (2013). Curvas de intensidade de uso por tipo de veiculo automotor de frota de cidade de sao paulo. In *Nucl. Phys.* (Vol. 13, Issue 1).
- Cetesb. (2021). *Emissões veiculares no estado de sao paulo*.
- Clima en Maputo / Mavalane - Históricos el tiempo en 2021*. (n.d.). Retrieved August 25, 2023, from <https://www.tutiempo.net/clima/2021/ws-673410.html>
- Colónias, A. G. das. (1966). *Política e administração” antologia colonial portuguesa*.
- Costa Pinto, P. M. G. (2005). *Análise Das Emissões Veiculares Em Regiões Urbanas E Metodologia Para Quantificação De Poluentes*.
- De Vlieger, I. ; Keukeleere, D. D., & Kretschmar, J. G. (2000). Environmental effects of driving behaviour and congestion related to passenger cars, Atmospheric Environment. *Atmospheric Environment*, 34(27), 4649–4655.
- De Vlieger, I. (1997). On-board emission and fuel consumption measurement campaign on

- petrol-driven passenger cars. *Atmospheric Environment*, 31(22), 3753–3761.
[https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(97\)00212-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00212-4)
- Dondero, L. (2002). *Uso de gás natural em veículos leves e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no contexto Brasileiro.*
- Drumm, F. C., Gerhardt, A. E., Fernandes, G. D., Chagas, P., Sucolotti, M. S., & Da Cunha Kemerich, P. D. da. (2014). *Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores.* 66–78.
- EPA. (1972). *Areas, Transportation controls to reduce motor vehicle emissions in major metropolitan areas.*
- EPA. (2011). Paved Roads. Compilation of Air Pollutant Emissions Factors. *AP-42 Miscellaneous Sources*, 1–11.
- SUBCHAPTER 02D - Air Pollution Control Requirements Section .1000 Motor Vehicle Emission Control Standards .1001, 1001 (2018).
- Filizola, I. M., Yamashita, Y., & Veras, C. A. G. (2005). *Nível De Emissão De Gases De Veículos Automotores Leves Do Ciclo Otto: Valores Referenciais.* X, 145–148.
- Gargava, P. (n.d.). *Impact of Control Measures on Vehicular Emissions - A Case Study.* 1–17.
- GDF. (2012). *De Poluição Veicular Do Distrito Federal Pcpv.* 1–48.
- Gurgueira, G. L., & Carvalho, W. B. de. (2003). Óxido Nítrico Inalatório: Considerações Sobre Sua Aplicação Clínica. *Jornal de Pneumologia*, 29(5), 325–331.
<https://doi.org/10.1590/s0102-35862003000500012>
- Guttikunda, S. K., Rahul, G., & Pant, P. (2014). Nature of air pollution , emission sources , and management in the Indian cities. *Atmospheric Environment.*
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.07.006>
- Heywood, J. B. (2020). *Internal Combustion Engine Fundamentals* (Second Edi, Vol. 21, Issue 1). <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Huo, H., Zhang, Q., He, K., Yao, Z., Wang, X., Zheng, B., David, G., Wang, Q., & Ding, Y. (2011). Modeling vehicle emissions in different types of Chinese cities : Importance of

- vehicle fleet and local features. *Environmental Pollution*, 159(10), 2954–2960.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.04.025>
- INAV. (2011). *Situação rodoviária do País”, preparação para o debate televisivo.*
- INE. (2021a). *Anuario Estatístico - Maputo Cidade.*
- INE. (2021b). *Anuario Estatístico - Maputo Provincia.*
- Jacondino, G. B. (2005). *Quantificação Das Emissões Veiculares Através Do Uso De Simuladores De Tráfego.* 0–133.
- Jr Reis, N. C. (2002). *Monitoramento da Qualidade do Ar Bibliografia Introdução e Fundamentos Principais de Controle da Poluição do Ar.*
- Kislansky, S. B. (2017). *Maximização Da Eficiência Do Ciclo Combinado De Unidade Termoelétrica Através Da Modelagem E Simulação Computacional Rio.*
- Lopes, T. F., Policarpo, N. A., Rodrigues, V. M., & Moura, O. M. Lisa. (2010). *Estimativa das emissões veiculares na região metropolitana de Fortaleza , CE , ano-base 2010.* 1013–1025. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018173312>
- Machanguana, C. A. (2020). *A Governança dos Transportes Públicos Urbanos em Moçambique: estudo de caso da Empresa Municipal de Transportes Rodoviários de Maputo, EMTPM, E.P., na Área Metropolitana de Maputo.*
- MAE. (2005). *Perfil Do Distrito De Marracuene Província De Maputo (Issue Perfis Distritais de Mocambique).*
- Manzoli, A. (2009). *Análise das emissões veiculares em trajetos urbanos curtos com localização por gps.*
- Markiewicz, A., Björklund, K., Eriksson, E., Strömvall, A., & Siopi, A. (2016). *Emissions of organic pollutants from traffic and roads: Priority pollutants selection and substance flow analysis.* 580, 1162–1174.
- Martinelli Jr, L. C. (2003). *Máquinas térmicas I Motores de combustão interna.*
- Martins, J. (2006). *motores de combustao interna.*
- Mendes, F. E. (2004). *Avaliação De Programas De Controle De Poluição Atmosférica Por Veículos Leves No Brasil.*

- Mendonça, I. N. de. (2014). Mobilidade urbana na área metropolitana de Maputo: análise dos órgãos de gestão do planeamento e mobilidade urbana, arranjos institucionais e insumos para a sua efectiva articulação. *Journal of Transport Literature*, 8(2), 244–270. <https://doi.org/10.1590/s2238-10312014000200011>
- Milhor, C. E. (2002). *Sistema De Desenvolvimento Para Controle Eletronico Dos Motores De Combustao Interna Ciclo Otto*.
- Moacir, F. da S. (2007). *Emissão de metais por veículos automotores e seus efeitos à saúde pública*.
- Nagar, E. N. (2010). *Status Of The Vehicular Pollution Control Programme In India*.
- Ntziachristos, L., & Boulter, P. (2009a). *Road vehicle tyre and brake wear and Road surface wear*. 1–32.
- Ntziachristos, L., & Boulter, P. (2009b). *Road Vehicle tyre and brake wear and road surface wear*. 1–32.
- Número de Veículos Registados em Moçambique | Indicadores Económicos | CEIC*. (2021). <https://www.ceicdata.com/en/indicator/mozambique/number-of-registered-vehicles>
- OPAS e OMS. (2021). *Diretrizes globais de qualidade do ar da OMS*.
- Particulate Matter (PM) Basics | US EPA*. (n.d.). Retrieved July 4, 2023, from <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#effects>
- Pereira, D. D. B. (2014). *Cenários de Emissões de Poluentes Atmosféricos pela Frota do Transporte Coletivo de Juiz De Fora - MG*.
- Pereira, D. T. P. (2019). *Análise Dos Metodos De Controle E Reducao Dos Poluentes Emitidos Pelos Motores De Combustao Interna No Brasil*.
- Pimentel, J. da S. (2013). *Os espaços abertos públicos da cidade de Maputo*. 46(1), 110.
- Pozzagnolo, M. (2013). *Análise das emissões de gases em veículos automotores do ciclo otto*.
- Salomao, T. R., Junior, R. de O., & Amarante, M. dos santos. (2018). *A Evolução Do Motor A Combustão Ciclo Otto*. 2015, 2–9.

- Simencio, E. C. A. (2019). *Motores de combustao interna* (E. e distribuidora Educacional (Ed.)).
- Sitoe, S. J. (2014). A Gestão do trânsito rodoviário: desafios enfrentados pelas autoridades competentes de fiscalização do trânsito rodoviário – Estudo de caso da Cidade de Maputo. In *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 85, Issue 1).
- Szawarcfiter, L. (2004). *Opções Para O Aprimoramento Do Controle De Emissões De Poluentes Atmosféricos Por Veículos Leves No Brasil: Uma Avaliação Do Potencial De Programas De Inspeção E Manutenção E De Renovação Acelerada Da Frota*.
- Taco, G. B. G. (2006). *Desenvolvimento De Uma Metodologia Para Identificar Espacialmente Os Níveis De Emissão De Gases Derivados De Veículos Automotores Nas Áreas Urbanas*.
- Taco, G. B. G., Yamashita, Y., & Taco, P. W. G. (2005). *Identificação espacial dos níveis de emissão de gases derivados de veículos automotores em áreas urbanas utilizando a contagem volumétrica dos controladores eletrônicos de velocidade da cidade de Brasília – df, brasil*.
- Tongbin, Q., Rilett, L. R., & Zietsman, J. (2003). *Estimating the impact of freeway speed limits on automobile emissions. In 82nd Annual Meeting of Transportation Research Board*.
- Tribunal de Contas Europeu (TCE). (2018). *Poluição atmosférica: protegida está suficientemente a nossa saúde ainda não*.
<http://publications.europa.eu/webpub/eca/special-reports/renewable-energy-5-2018/pt/%0Ahttp://publications.europa.eu/webpub/eca/special-reports/renewable-energy-5-2018/pt/#chapter0>
- Varella, C. A. A., & Santos, G. de S. (2010). *Noções Básicas de Motores Diesel*.
- Varella, C. alberto A. (2006). *Histórico e desenvolvimento dos motores de combustão interna*. 1–4.
- Vasques, T. V. (2021a). *Inventário De Emissões Veiculares No Brasil: Brazilian Vehicular Emission Inventory Software - Braves*.
- Vasques, T. V. (2021b). *Nventário De Emissões Veiculares No Brasil: Brazilian Vehicular*

Emission Inventory Software - Braves.

Wang, H., He, X., Liang, X., Choma, E. F., Liu, Y., Shan, L., & Zheng, H. (2020). *Health benefits of on-road transportation pollution control programs in China.*

<https://doi.org/10.1073/pnas.1921271117>

Wang, J., Wu, Q., Liu, J., Yang, H., Yin, M., Chen, S., Guo, P., Ren, J., Luo, X., Linghu, W., & Huang, Q. (2019). *Vehicle emission and atmospheric pollution in China : problems , progress , and prospects.* 3, 1–22. <https://doi.org/10.7717/peerj.6932>

Wenzel, T., & Singer, B. C. (2000). *Some Issues in the Statistical Analysis of Vehicle Emissions.* 1–14.

Wu, Y. E., Wang, R., Zhou, Y. U., Lin, B., Fu, L., He, K., & Hao, J. (2011). On-Road Vehicle Emission Control in Beijing : Past , Present , and Future. *Environ. Sci. Technolgy*, 45(1), 147–153.

Yang, Z., Wang, H., Shao, Z., & Muncrief, R. (2015). *Review of Beijing ' s Comprehensive Motor Vehicle Emission Control Programs.* October.

Zannetti, P. (1990). *AIR POLLUTION MODELING- theories, computational methods and available software.*

ANEXOS

A. Anexo 1: Parametrização das curvas de sucateamento

As curvas de sucateamento de veículos ligeiros, pesados, motos, tratores, reboques e autocarros, adoptadas neste Inventário foram as apresentadas no relactório estimativa das emissões veiculares na região metropolitana de Fortaleza, CE, ano-base 2010 de (Lopes et al., 2010).

Para veículos do ciclo Otto (ligeiros e motos) a função de sucateamento resultante é uma função Gompertz e tem as seguintes características:

Equação. A1-1: *Parametrização da curva de sucateamento para veículos do ciclo otto.*
(Lopes et al., 2010)

$$S(t) = 1 - \exp(-\exp(a + b * t))$$

Onde:

- $S(t)$ é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t ;
- t é a idade do veículo em anos;
- $a = 1,798$ para veículos ligeiros; $a = 1,317$ para motos;
- $b = -0,137$ para veículos ligeiros; $b = -0,175$ para motos.

Para veículos do ciclo Diesel, a função de sucateamento resultante é uma função logística renormalizada.

Equação. A1-2: *Parametrização da curva de sucateamento para veículos do ciclo Diesel.*
(Lopes et al., 2010).

$$S(t) = \frac{1}{(1 + \exp(a(t - t_0)))} + \frac{1}{(1 + \exp(a(t + t_0)))}$$

Onde:

- $S(t)$ é a fração de veículos remanescentes, ainda não sucateados, na idade t ;
- t é a idade do veículo em anos;

- $t_0 = 12,85$ para veículos pesados, tratores e reboques e por fim $t_0 = 19,1$ para autocarros;
- $a = 0.3$ para veículos pesados, tratores e reboques e $a = 2.01$ para autocarros

B. ANEXO 1: Frota registrada na AMM, a partir do ano 2005 a 2021. (INE, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014a, 2014b, 2016, 2017, 2021a, 2021b, 2021c)

Ano de registro	Categoria				
	Ligeiros	Pesados	tratores	reboques	Motos
2021	26829	7718	485	1082	2647
2020	32144	6253	729	1750	1870
2019	34305	5998	230	1406	3612
2018	30067	4350	224	962	1875
2017	22839	3050	338	902	2507
2016	38438	5060	166	1688	2004
2015	24296	4918	168	894	1688
2014	40615	11907	1583	1779	2310
2013	34877	10217	285	1587	2078
2012	30501	8774	112	1138	2539
2011	31844	8886	235	1207	2606
2010	25121	3611	885	725	1889
2009	153959	50673	1691	6456	27132
2008	63443	23285	835	2477	11048
2007	56668	21447	835	2018	10800
2006	50351	19075	667	1575	9734
2005	46716	17818	660	1359	8948

C. ANEXO 2: Frota de autocarros registrada da Região metropolitana de Maputo. (AMT)



**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES
AGÊNCIA METROPOLITANA DE TRANSPORTES DE MAPUTO**

NÚMERO DE AUTOCARROS POR OPERADOR

OPERADOR	AUTOCARROS	V. MISTOS
COOTRAC 1	79	
COOPTRAB	58	2
COOPTRANS	74	
COOTRAZIMA	18	
COOPTRAK	12	1
COOTRALBA	44	
CORALBA	28	
COTRAMAR	20	
COODETRAMA	2	3
COOTRACBOM	0	4
EMTPM	25	3
ETM	18	
EMTPN	2	
EMTM	3	
EMTB	4	
TOTAL	386	13

Nota: A frota apresentada é nominal e não inclui a frota movida a gás.

Legenda:

EMTPM = Empresa Municipal de Transportes Rodoviários de Maputo

ETM = Empresa Municipal de Transportes da Matola

EMTPN = Empresa Municipal de Transportes Públicos da Namaacha

EMTPM = Empresa Municipal de Transportes Públicos da Manhica

EMTB = Empresa Municipal de Transportes de Boane

MAPUTO, MAIO DE 2023



AGENCIA METROPOLITANA DE TRANSPORTES DE MAPUTO
Rua de Mukumbura n° 164 - Cidade de Maputo - República de Moçambique
WebPage: www.amt.gov.mz; Telefones: +258-822431774 / 845832549 Email: info@amt.gov.mz

D. ANEXO 4: Evolução da frota circulante na região Metropolitana de Maputo

Categorias	Combustível	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ligeiros	Gasolina	22915	50031	83356	123857	229864	248392	273370	298620
Motos		4019	8684	14195	20184	35774	391702	38591	40301
Pesados	Diesel	4990	11559	20457	31848	60427	62724	68968	75652
Tratores		185	120552	761	1169	2123	2686	2851	2937
Reboques		381	923	1760	2972	6613	7074	7922	8789
V. Mistos									
Autocarros									
Total		32490	191749	120530	180030	334801	712578	391702	426299

(continuação)

Categorias	Combustível	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ligeiros	Gasolina	328860	365460	388046	424652	446795	476312	510269	542247	569012
Motos		519194	43474	44773	46374	48448	50049	53219	54902	57335
Pesados	Diesel	83955	94138	98514	103160	106029	110200	116044	122220	129938
Tratores		3168	4522	4671	4824	5142	5357	5581	6301	6786
Reboques		10079	11600	12396	13946	14794	15717	17087	18815	19897
V. Mistos										13
Autocarros										466
Total		945257	519194	548401	592955	621207	657635	702200	744485	783447

E. ANEXO 5: Evolução da Frota circulante na cidade de Maputo. (Autor)

Categorias	Combustível	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ligeiros	Gasolina	77250	85506	97866	107897	120317	143337	153171
Motos		7757	8200	8637	8816	9216	10453	11102
Pesados	Diesel	27320	30157	33538	36498	40876	46050	47406
Tratores		639	975	995	995	995	1280	1355
Reboques		1878	2059	2400	2753	3409	4182	4580
Total		114844	126897	143436	156959	174813	205302	217614

(Continuação)

Categorias	Combustível	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ligeiros	Gasolina	169328	180354	196382	216548	232805	238802
Motos		11903	12967	13998	15150	15910	17193
Pesados	Diesel	48560	48770	50044	50575	52278	54625
Tratores		1431	1719	1892	2057	2145	2577
Reboques		5354	5831	6454	7201	7897	8466
Total		236577	249641	268770	291531	311036	321664

F. ANEXO 6: Evolução da Frota circulante em Matola, Boane e Marracuene (MBM). (Autor)

Categorias	Combustível	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ligeiros	Gasolina	46604	96705	152865	215369	290272	304455	319893	334604
Motos		8226	16999	26541	36056	47664	47450	47806	48339
Pesados	Diesel	17818	36673	57647	80141	102301	101058	104161	106973
Tratores		660	1319	2137	2943	3457	3756	3888	3908
Reboques		1359	2917	4898	7308	10327	10606	11131	11561
Total		74667	154614	244088	341817	454022	467325	486880	505386

(continuação)

Categorias	Combustível	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ligeiros	Gasolina	349245	356682	358490	365492	359458	353163	344667	335858	330210
Motos		48033	46808	45692	44651	43753	42297	42320	41131	40142
Pesados	Diesel	109049	111074	108805	105715	100323	93969	88906	82014	75313
Tratores		4080	5188	5086	4950	4727	4481	4224	4521	4209
Reboques		12034	12525	12497	12770	12489	12028	11804	11912	11431
Total		522441	532277	530571	533578	520749	505939	491921	475435	461305

G. ANEXO 7: Intensidade de uso de referência (km.ano-1). Adaptado de (Cetesb, 2021)

Anos de Uso	Ligeiros	Reboques	Motos	tratores	Pesados	Autocarros
0	11266	44505	12423	57247	57247	66435
1	11997	41083	12807	56223	56223	62470
2	12632	38117	13078	55200	55200	58979
3	13177	35564	13243	54176	54176	55908
4	13635	33386	13313	53152	53152	53205
5	14009	31543	13293	52129	52129	50816
6	14305	30002	13192	51105	51105	48689
7	14525	28726	13019	50081	50081	46769
8	14675	27684	12781	49057	49057	45004
9	14758	26846	12486	48034	48034	43341
10	14778	26182	12142	47010	47010	41727
11	14739	25666	11758	45986	45986	40108
12	14645	25274	11341	44963	44963	38432
13	14500	24982	10900	43939	43939	36644
14	14309	24768	10442	42915	42915	34693
15	14075	24615	9976	41892	41892	32155
16	13803	24504	9509	40868	40868	30709
17	13495	24420	9050	39844	39844	29329
18	13157	24348	8606	38820	38820	28010
19	12793	24278	8186	37797	37797	26751
20	12406	24199	7798	36773	36773	25548
21	12000	24103	7450	35749	35749	24400
22	11580	23984	7149	34726	34726	23303
23	11149	23837	6904	33702	33702	22255
24	10712	23660	6723	32678	32678	21255
25	10273	23452	6614	31655	31655	20299
26	9835	23214	6584	30631	30631	19386
27	9402	22949	6643	29607	29607	18515
28	8980	22662	6797	28583	28583	17682
29	8571	22360	7056	27560	27560	16887
30	8180	22051	7426	26536	26536	16128

H. ANEXO 3: Factor de emissão para veículos ligeiros novos. (CETESB, 2021)

Ano	Combustível	CO (g/km)	HC				NOx (g/km)	RCHO (g/km)	MP (g/km)	CO ₂ (g/km)	N ₂ O (g/km)	Autonomia (km/L)
			Total (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	HC-ETOH (g/km)						
Até 1983	Gasolina C	33,000	3,000	2,550	0,450	nd	1,400	0,0500	0,002	nd	0,005	9,65
	Etanol	18,000	1,600	1,360	0,240	nd	1,000	0,1600	nd	nd	0,007	7,90
1984	Gasolina C	28,000	2,400	2,040	0,360	nd	1,600	0,0500	0,002	nd	0,004	10,19
	Etanol	16,900	1,600	1,360	0,240	nd	1,200	0,1800	nd	nd	0,006	8,25
1985	Gasolina C	28,000	2,400	2,040	0,360	nd	1,600	0,0500	0,002	nd	0,004	10,39
	Etanol	16,900	1,600	1,360	0,240	nd	1,200	0,1800	nd	nd	0,006	8,54
1986	Gasolina C	22,000	2,000	1,700	0,300	nd	1,900	0,0400	0,002	nd	0,004	10,42
	Etanol	16,000	1,600	1,360	0,240	nd	1,800	0,1100	nd	nd	0,006	8,46
1987	Gasolina C	22,000	2,000	1,700	0,300	nd	1,900	0,0400	0,002	nd	0,004	10,64
	Etanol	16,000	1,600	1,360	0,240	nd	1,800	0,1100	nd	nd	0,006	8,52
1988	Gasolina C	18,500	1,700	1,445	0,255	nd	1,800	0,0400	0,002	nd	0,004	10,86
	Etanol	13,300	1,700	1,445	0,255	nd	1,400	0,1100	nd	nd	0,006	8,58
1989	Gasolina C	15,200	1,600	1,360	0,240	nd	1,600	0,0400	0,002	nd	0,004	11,07
	Etanol	12,800	1,600	1,360	0,240	nd	1,100	0,1100	nd	nd	0,006	8,65
1990	Gasolina C	13,300	1,400	1,190	0,210	nd	1,400	0,0400	0,002	nd	0,004	11,82
	Etanol	10,800	1,300	1,105	0,195	nd	1,200	0,1100	nd	nd	0,006	8,65
1991	Gasolina C	11,500	1,300	1,105	0,195	nd	1,300	0,0400	0,002	nd	0,004	11,82
	Etanol	8,400	1,100	0,935	0,165	nd	1,000	0,1100	nd	nd	0,006	8,65
1992	Gasolina C	6,200	0,600	0,510	0,090	nd	0,600	0,0130	0,002	nd	0,004	10,98
	Etanol	3,600	0,600	0,510	0,090	nd	0,500	0,0350	nd	nd	0,006	8,01
1993	Gasolina C	6,300	0,600	0,510	0,090	nd	0,800	0,0220	0,002	nd	0,004	10,98
	Etanol	4,200	0,700	0,595	0,105	nd	0,600	0,0400	nd	nd	0,006	8,54
1994	Gasolina C	6,000	0,600	0,451	0,149	nd	0,700	0,0360	0,002	nd	0,022	10,04
	Etanol	4,600	0,700	0,514	0,186	nd	0,700	0,0420	nd	nd	0,017	7,54
1995	Gasolina C	4,700	0,600	0,451	0,149	nd	0,600	0,0250	0,002	nd	0,022	10,40
	Etanol	4,600	0,700	0,514	0,186	nd	0,700	0,0420	nd	nd	0,017	7,54

Ano	Combustível	CO (g/km)	HC				NOx (g/km)	RCHO (g/km)	MP (g/km)	CO ₂ (g/km)	N ₂ O (g/km)	Autonomia (km/L)
			Total (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	HC-ETOH (g/km)						
1996	Gasolina C	3,800	0,400	0,300	0,100	nd	0,500	0,0190	0,002	nd	0,022	11,04
	Etanol	3,900	0,600	0,440	0,160	nd	0,700	0,0400	nd	nd	0,017	7,17
1997	Gasolina C	1,200	0,200	0,150	0,050	nd	0,300	0,0070	0,001	nd	0,022	11,04
	Etanol	0,900	0,300	0,220	0,080	nd	0,300	0,0120	nd	nd	0,017	7,17
1998	Gasolina C	0,790	0,140	0,105	0,035	nd	0,230	0,0040	0,001	nd	0,022	11,82
	Etanol	0,670	0,190	0,139	0,051	nd	0,240	0,0140	nd	nd	0,017	7,41
1999	Gasolina C	0,740	0,140	0,105	0,035	nd	0,230	0,0040	0,001	nd	0,022	11,82
	Etanol	0,600	0,170	0,125	0,045	nd	0,220	0,0130	nd	nd	0,017	8,01
2000	Gasolina C	0,730	0,130	0,098	0,032	nd	0,210	0,0040	0,001	nd	0,022	11,89
	Etanol	0,630	0,180	0,132	0,048	nd	0,210	0,0140	nd	nd	0,017	6,96
2001	Gasolina C	0,480	0,110	0,083	0,027	nd	0,140	0,0040	0,001	nd	0,022	11,97
	Etanol	0,660	0,150	0,110	0,040	nd	0,080	0,0170	nd	nd	0,017	6,96
2002	Gasolina C	0,430	0,110	0,083	0,027	nd	0,120	0,0040	0,001	198	0,022	10,9
	Etanol	0,740	0,160	0,117	0,043	nd	0,080	0,0170	nd	191	0,017	7,2
2003	Gasolina C	0,400	0,110	0,083	0,027	nd	0,120	0,0040	0,001	194	0,021	11,2
	Etanol	0,770	0,160	0,117	0,043	nd	0,090	0,0190	nd	183	0,017	7,5
	<i>Flex-Gasol.C</i>	0,500	0,050	0,038	0,012	nd	0,040	0,0040	0,001	210	0,023	10,3
	<i>Flex-Etanol</i>	0,510	0,150	0,110	0,040	nd	0,140	0,0200	nd	200	0,017	6,9
2004	Gasolina C	0,350	0,110	0,083	0,027	nd	0,090	0,0040	0,001	190	0,021	11,4
	Etanol	0,820	0,170	0,125	0,045	nd	0,080	0,0160	nd	160	0,017	8,6
	<i>Flex-Gasol.C</i>	0,390	0,080	0,060	0,020	nd	0,050	0,0030	0,001	201	0,022	10,8
	<i>Flex-Etanol</i>	0,460	0,140	0,103	0,037	nd	0,140	0,0140	nd	190	0,017	7,3
2005	Gasolina C	0,340	0,100	0,075	0,025	nd	0,090	0,0040	0,001	192	0,021	11,3
	Etanol	0,820	0,170	0,125	0,045	nd	0,080	0,0160	nd	160	0,017	8,6
	<i>Flex-Gasol.C</i>	0,450	0,110	0,083	0,027	nd	0,050	0,0030	0,001	188	0,021	11,5
	<i>Flex-Etanol</i>	0,390	0,140	0,103	0,037	nd	0,100	0,0140	nd	180	0,017	7,7

Ano	Combustível	CO (g/km)	HC				NOx (g/km)	RCHO (g/km)	MP (g/km)	CO ₂ (g/km)	N ₂ O (g/km)	Autonomia (km/L)
			Total (g/km)	HC (g/km)	CH ₄ (g/km)	HC-ETOH (g/km)						
2006	Gasolina C	0,302	0,068	0,063	0,005	nd	0,066	0,0023	0,001	174	0,021	11,3
	Etanol	0,670	0,120	0,088	0,032	nd	0,050	0,0140	nd	200	0,017	6,9
	Flex-Gasol.C	0,509	0,114	0,073	0,041	nd	0,043	0,0020	0,001	203	0,020	11,7
	Flex-Etanol	0,492	0,126	0,087	0,039	nd	0,061	0,0212	nd	195	0,017	7,8
2007 (5)	Gasolina C	0,302	0,068	0,063	0,005	nd	0,066	0,0023	0,001	174	0,021	11,3
	Flex-Gasol.C	0,509	0,114	0,073	0,041	nd	0,043	0,0020	0,001	203	0,020	11,7
	Flex-Etanol	0,492	0,126	0,087	0,039	nd	0,061	0,0212	nd	195	0,017	7,8
2008	Gasolina C	0,369	0,057	0,053	0,004	nd	0,045	0,0021	0,001	201	0,024	9,6
	Flex-Gasol.C	0,519	0,095	0,080	0,015	nd	0,039	0,0023	0,001	181	0,021	11,4
	Flex-Etanol	0,558	0,115	0,080	0,035	nd	0,049	0,0136	nd	175	0,017	7,7
2009	Gasolina C	0,199	0,028	0,020	0,008	nd	0,021	0,0010	0,001	222	0,024	9,9
	Flex-Gasol.C	0,317	0,037	0,034	0,003	nd	0,027	0,0019	0,001	178	0,021	11,5
	Flex-Etanol	0,544	0,076	0,037	0,039	nd	0,031	0,0114	nd	171	0,017	7,8
2010	Gasolina C	0,204	0,029	0,023	0,006	nd	0,028	0,0014	0,001	206	0,023	10,9
	Flex-Gasol.C	0,278	0,038	0,031	0,007	nd	0,030	0,0015	0,001	177	0,019	12,3
	Flex-Etanol	0,508	0,071	0,040	0,031	nd	0,038	0,0093	nd	171	0,017	8,5
2011	Gasolina C	0,274	0,035	0,028	0,007	nd	0,025	0,0028	0,001	197	0,021	11,2
	Flex-Gasol.C	0,284	0,041	0,032	0,009	nd	0,029	0,0015	0,001	178	0,019	12,2
	Flex-Etanol	0,488	0,084	0,044	0,040	0,021	0,031	0,0085	nd	171	0,017	8,6
2012	Gasolina C	0,274	0,028	0,023	0,005	nd	0,022	0,0020	0,001	199	0,021	11,1
	Flex-Gasol.C	0,267	0,036	0,026	0,010	nd	0,027	0,0014	0,001	181	0,019	12,1
	Flex-Etanol	0,476	0,081	0,054	0,027	0,020	0,029	0,0082	nd	173	0,017	8,5
2013	Gasolina C	0,241	0,025	0,019	0,006	nd	0,020	0,0019	0,001	197	0,022	11,2
	Flex-Gasol.C	0,227	0,030	0,024	0,006	nd	0,026	0,0014	0,001	176	0,019	12,4
	Flex-Etanol	0,423	0,077	0,051	0,026	0,020	0,023	0,0083	nd	168	0,017	8,6
2014	Gasolina C	0,211	0,021	0,015	0,006	nd	0,015	0,0013	0,001	197	0,021	11,5
	Flex-Gasol.C	0,228	0,024	0,020	0,004	nd	0,019	0,0015	0,001	173	0,019	12,7
	Flex-Etanol	0,398	0,073	0,053	0,020	0,021	0,018	0,0083	nd	165	0,017	8,8

Ano	Combustível	CO (g/km)	HC				NOx (g/km)	RCHO ⁵ (g/km)	MP (g/km)	CO ₂ (g/km)	N ₂ O (g/km)	Autonomia (km/L)
			Total (g/km)	NMHC (g/km)	CH ₄ (g/km)	NMHC-ETOH (g/km)						
2015	Gasolina	0,155	0,016	0,012	0,004	nd	0,025	0,0010	0,001	186	0,020	12,0
	Flex-Gasolina	0,217	0,021	0,018	0,003	nd	0,015	0,0012	0,001	166	0,018	13,2
	Flex-Etanol	0,360	0,073	0,058	0,015	0,019	0,016	0,0078	nd	158	0,017	9,2
2016	Gasolina C	0,114	0,016	0,010	0,006	nd	0,022	0,0010	0,0010	176	0,020	12,5
	Flex-Gasol.C	0,251	0,022	0,018	0,004	nd	0,012	0,0009	0,0010	159	0,018	13,8
	Flex-Etanol	0,363	0,075	0,047	0,028	0,020	0,013	0,0065	nd	151	0,017	9,6
2017	Gasolina	0,141	0,015	0,011	0,004	nd	0,013	0,0008	0,001	175	0,020	13,1
	Flex-Gasolina	0,229	0,022	0,018	0,004	nd	0,011	0,0010	0,001	154	0,018	14,3
	Flex-Etanol	0,340	0,069	0,046	0,023	0,020	0,012	0,0064	nd	147	0,017	9,8
2018	Gasolina C	0,173	0,016	0,012	0,004	nd	0,010	0,0005	0,0010	177	0,020	13,4
	Flex-Gasol.C	0,253	0,023	0,019	0,004	nd	0,012	0,0010	0,0010	154	0,018	14,2
	Flex-Etanol	0,338	0,070	0,047	0,023	0,019	0,012	0,0067	nd	147	0,017	9,8
2019	Gasolina	0,166	0,014	0,011	0,003	nd	0,014	0,0006	0,001	184	0,020	12,1
	Flex-Gasolina	0,275	0,024	0,020	0,004	nd	0,011	0,0010	0,001	152	0,018	14,5
	Flex-Etanol	0,339	0,069	0,045	0,023	0,020	0,010	0,0067	nd	146	0,017	10,0
2020	Gasolina C	0,135	0,015	0,012	0,003	nd	0,015	0,0009	0,0010	175	0,020	12,6
	Flex-Gasol.C	0,264	0,026	0,022	0,004	nd	0,011	0,0011	0,0010	149	0,018	14,8
	Flex-Etanol	0,315	0,066	0,044	0,022	0,019	0,012	0,0063	nd	143	0,017	10,2
2021	Gasolina	0,140	0,015	0,012	0,003	nd	0,015	0,0008	0,001	186	0,020	12,0
	Flex-Gasolina	0,251	0,025	0,020	0,005	nd	0,011	0,0010	0,001	147	0,018	15,0
	Flex-Etanol	0,293	0,066	0,044	0,022	0,020	0,012	0,0067	nd	141	0,017	10,4

⁵ Aldeidos Totais

I. ANEXO 4: Factores de emissão de Veículos convertidos para o uso de GNV. (Cetesb, 2021)

Ano	Status	Combustível	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	RCHO (g/km)	CO ₂ (g/km)
2002	Antes conversão	Gasolina C	1,16	0,13	0,24	nd	200
	Após conversão	GNV	0,80	0,44	0,90	nd	159
		Gasolina C	3,95	0,24	0,20	nd	199
2003	Antes conversão	Gasolina C	0,69	0,10	0,19	0,0030	207
	Após conversão	GNV	0,38	0,19	0,17	0,0030	167
		Gasolina C	0,7	0,1	0,22	0,0030	206
2004	Antes conversão	Gasolina C	0,8	0,11	0,2	nd	202
	Após conversão	GNV	0,59	0,24	0,18	0,0015	172
		Gasolina C	0,78	0,1	0,20	0,0025	201
	Antes conversão	Álcool	0,79	0,14	0,09	nd	184
	Após conversão	GNV	0,54	0,19	0,13	0,0091	158
		Álcool	0,68	0,18	0,10	0,0094	183
2005	Antes conversão	Gasolina C	0,79	0,23	0,22	nd	205
	Após conversão	GNV	0,61	0,23	0,13	0,0014	172
		Gasolina C	1,04	0,1	0,24	0,0025	207
2006	Antes conversão	Gasolina C	0,78	0,10	0,28	nd	221
	Após conversão	GNV	0,62	0,24	0,21	0,0061	175
		Gasolina C	0,92	0,09	0,24	0,0061	212
2007	Antes conversão	Gasolina C	1,09	0,11	0,06	nd	226
	Após conversão	GNV	0,37	0,21	0,28	0,0017	148
		Gasolina C	0,73	0,09	0,09	0,0020	210

NB: A emissões de material particulado são nulas nos veículos que utilizam GNV.

J. ANEXO 5: Factores de emissão para veículos do ciclo diesel em g/kWh. (Cetesb, 2021)

Ano	Categoria		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo (gdiesel/kWh)
até 1999			1,860	0,680	10,700	0,660	nd	nd	nd
2000-2001			1,620	0,540	6,550	0,318	nd	nd	nd
2002-2003			0,850	0,290	6,160	0,120	nd	nd	nd
2004-2005			0,850	0,230	5,420	0,100	nd	nd	nd
2006	Caminhões	Semileves	1,457	0,301	4,887	0,114	nd	nd	239
		Leves	1,218	0,350	5,320	0,106	nd	nd	232
		Médios	1,207	0,194	4,749	0,103	nd	nd	231
		Semipesados	0,936	0,230	4,934	0,096	nd	nd	227
		Pesados	0,711	0,191	4,578	0,082	nd	nd	215
	Autocarros	Urbanos	1,009	0,196	4,595	0,091	nd	nd	224
		Micro-Autocarros	1,489	0,194	4,586	0,105	nd	nd	238
		Rodoviários	0,802	0,209	4,627	0,084	nd	nd	214
2007	Caminhões	Semileves	1,457	0,301	4,887	0,114	nd	nd	239
		Leves	1,218	0,350	5,320	0,106	nd	nd	232
		Médios	1,207	0,194	4,749	0,103	nd	nd	231
		Semipesados	0,936	0,230	4,934	0,096	nd	nd	227
		Pesados	0,711	0,191	4,578	0,082	nd	nd	215
	Autocarros	Urbanos	1,009	0,196	4,595	0,091	nd	nd	224
		Micro-Autocarros	1,489	0,194	4,586	0,105	nd	nd	238
		Rodoviários	0,802	0,209	4,627	0,084	nd	nd	214
2008	Caminhões	Semileves	0,935	0,184	4,441	0,104	nd	nd	239
		Leves	1,052	0,191	4,718	0,096	nd	nd	232
		Médios	0,756	0,115	4,466	0,083	nd	nd	231
		Semipesados	0,960	0,097	4,587	0,083	nd	nd	227
		Pesados	0,627	0,131	4,744	0,075	nd	nd	215
	Autocarros	Urbanos	1,212	0,185	4,820	0,088	nd	nd	224
		Micro-Autocarros	0,805	0,074	4,343	0,082	nd	nd	238
		Rodoviários	0,590	0,097	4,669	0,075	nd	nd	214

Ano	Categoria		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo ⁽¹⁾ (gdiesel/kWh)
2009	Caminhões	Semileves	0,986	0,177	4,358	0,075	nd	nd	239
		Leves	0,993	0,178	4,699	0,083	nd	nd	232
		Médios	0,762	0,118	4,557	0,089	nd	nd	231
		Semipesados	0,873	0,079	4,678	0,079	nd	nd	227
		Pesados	0,796	0,103	4,701	0,071	nd	nd	215
	Autocarros	Urbanos	1,032	0,163	4,627	0,082	nd	nd	224
		Micro-Autocarros	0,754	0,079	4,569	0,079	nd	nd	238
	Rodoviários	0,490	0,110	4,665	0,070	nd	nd	214	
2010	Caminhões	Semileves	1,036	0,222	4,475	0,084	nd	nd	239
		Leves	0,751	0,135	4,571	0,074	nd	nd	232
		Médios	0,769	0,062	4,269	0,079	nd	nd	231
		Semipesados	0,826	0,120	4,695	0,089	nd	nd	227
		Pesados	0,565	0,148	4,669	0,058	nd	nd	215
	Autocarros	Urbanos	1,023	0,172	4,693	0,084	nd	nd	224
		Micro-Autocarros	1,144	0,138	4,564	0,079	nd	nd	238
		Rodoviários	0,550	0,148	4,483	0,076	nd	nd	214
2011	Caminhões	Semileves	0,953	0,159	4,361	0,093	726	nd	239
		Leves	0,767	0,132	4,564	0,074	718	nd	232
		Médios	0,787	0,174	4,688	0,086	740	nd	231
		Semipesados	0,939	0,093	4,458	0,079	703	nd	227
		Pesados	0,693	0,138	4,560	0,063	628	nd	215
	Autocarros	Urbanos	0,937	0,119	4,744	0,084	782	nd	223
		Micro-Autocarros	1,144	0,132	4,692	0,091	697	nd	239
		Rodoviários	0,579	0,131	4,504	0,070	685	nd	219
2012	Caminhões	Semileves	0,014	0,013	1,364	0,008	522	4,50	243
		Leves	0,190	0,015	1,617	0,011	617	7,3	224
		Médios	0,219	0,011	1,637	0,012	689	10,2	225
		Semipesados	0,128	0,015	1,525	0,014	677	7,3	219
		Pesados	0,228	0,027	1,415	0,013	644	4,2	207

Ano	Categoria		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo (gdiesel/kWh)
2013	Caminhões	Semileves	0,028	0,013	1,237	0,009	605	4,5	236
		Leves	0,170	0,011	1,406	0,011	607	6,2	222
		Médios	0,131	0,014	1,630	0,013	692	7,7	217
		Semipesados	0,099	0,016	1,494	0,015	690	5,6	217
		Pesados	0,254	0,026	1,391	0,015	670	5,0	210
	Autocarros	Urbanos	0,288	0,010	1,462	0,012	720	9,5	218
		Micro-Autocarros	0,121	0,029	1,147	0,011	635	4,5	234
2014	Caminhões	Semileves	0,028	0,013	1,237	0,009	605	4,5	236
		Leves	0,170	0,011	1,406	0,011	607	6,2	222
		Médios	0,131	0,014	1,630	0,013	692	7,7	217
		Semipesados	0,099	0,016	1,494	0,015	690	5,6	217
		Pesados	0,254	0,026	1,391	0,015	670	5,0	210
	Autocarros	Urbanos	0,288	0,010	1,462	0,012	720	9,5	218
		Micro-Autocarros	0,121	0,029	1,147	0,011	635	4,5	234
2015	Caminhões	Rodoviários	0,339	0,039	1,445	0,014	660	5,1	211
		Semileves	0,111	0,017	1,337	0,010	705	7,4	234
		Leves	0,297	0,014	1,472	0,014	727	11,7	224
		Médios	0,137	0,014	1,479	0,013	690	6,2	217
		Semipesados	0,102	0,018	1,480	0,015	677	7,4	215
	Autocarros	Pesados	0,249	0,026	1,480	0,015	663	2,5	211
		Urbanos	0,291	0,011	1,490	0,013	725	9,8	220
2016	Caminhões	Micro-Autocarros	0,077	0,024	1,257	0,009	705	5,3	231
		Rodoviários	0,311	0,024	1,404	0,014	666	3,1	213
		Semileves	0,091	0,021	1,306	0,008	634	6,0	233
		Leves	0,253	0,017	1,461	0,012	694	9,1	222
		Médios	0,138	0,007	1,476	0,013	720	6,0	219
	Autocarros	Semipesados	0,115	0,010	1,370	0,013	707	4,9	217
		Pesados	0,261	0,029	1,510	0,014	648	3,0	208
2016	Caminhões	Urbanos	0,304	0,009	1,544	0,011	697	5,3	215
		Micro-Autocarros	0,064	0,010	1,162	0,009	682	5,8	227
	Autocarros	Rodoviários	0,299	0,023	1,555	0,013	675	2,1	211

Ano	Categoria		CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo (gdiesel/kWh)
2017	Caminhões	Semileves	0,074	0,009	1,197	0,007	716	16,1	229
		Leves	0,314	0,012	1,385	0,012	725	11,3	222
		Médios	0,155	0,018	1,373	0,011	682	7,3	219
		Semipesados	0,073	0,020	1,519	0,013	678	3,4	214
		Pesados	0,209	0,022	1,464	0,013	653	2,8	209
	Autocarros	Urbanos	0,251	0,013	1,435	0,012	713	4,9	217
		Micro-Autocarros	0,073	0,008	1,220	0,007	719	8,6	228
2018	Caminhões	Semileves	0,059	0,008	1,195	0,005	714	16,5	228
		Leves	0,339	0,013	1,286	0,014	723	13,1	222
		Médios	0,312	0,013	1,274	0,011	694	12,5	217
		Semipesados	0,092	0,016	1,479	0,013	680	4,1	216
		Pesados	0,257	0,020	1,422	0,013	640	3,0	207
	Autocarros	Urbanos	0,295	0,005	1,107	0,012	691	6,5	219
		Micro-Autocarros	0,108	0,007	1,262	0,007	718	17,6	226
2019	Caminhões	Rodoviários	0,322	0,024	1,445	0,015	679	2,7	214
		Semileves	0,036	0,006	1,247	0,004	703	9,6	225
		Leves	0,409	0,010	1,484	0,013	732	10,8	224
		Médios	0,309	0,014	1,261	0,013	699	9,2	220
		Semipesados	0,112	0,020	1,550	0,014	704	4,8	217
	Autocarros	Pesados	0,165	0,011	1,294	0,011	644	3,2	206
		Urbanos	0,239	0,013	1,436	0,013	730	5,6	220
2020	Caminhões	Micro-Autocarros	0,135	0,007	1,296	0,007	716	11,2	224
		Rodoviários	0,215	0,017	1,330	0,012	686	1,8	214
		Semileves	0,051	0,007	1,782	0,003	675	4,9	229
		Leves	0,231	0,018	1,758	0,012	656	11,0	222
		Médios	0,212	0,024	1,421	0,013	624	9,6	217
	Autocarros	Semipesados	0,129	0,023	1,627	0,016	692	4,6	215
		Pesados	0,170	0,011	1,464	0,013	648	3,6	207
2020	Autocarros	Urbanos	0,215	0,021	1,437	0,013	659	6,9	218
		Micro-Autocarros	0,128	0,013	1,183	0,008	712	12,6	227
	Rodoviários	0,137	0,005	1,248	0,013	691	2,0	216	

Ano	Categoria	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	MP (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)	NH ₃ (ppm)	Consumo (gdiesel/kWh)	
2021	Caminhões	Semileves	0,032	0,006	1,534	0,003	704	7,4	234
		Leves	0,247	0,019	1,623	0,010	715	13,7	223
		Médios	0,234	0,027	1,526	0,013	700	10,0	219
		Semipesados	0,132	0,025	1,597	0,016	700	7,0	216
		Pesados	0,172	0,014	1,398	0,011	640	3,4	207
	Autocarros	Urbanos	0,260	0,018	1,478	0,014	723	8,5	220
		Micro-Autocarros	0,178	0,012	1,385	0,007	716	12,9	231
		Rodoviários ⁽⁷⁾	0,137	0,005	1,248	0,013	691	2,0	216

K. ANEXO 6: : Factor de emissão de veículos pesados com motores do ciclo Diesel em g/km. (CETESB, 2021)

Ano	Categoria		CO	HC	CH ₄	NO _x	MP	N ₂ O	Autonomia
			(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)
até 1999	Caminhões	Semileves	0,764	0,279	0,06	4,395	0,271	0,03	9,1
		Leves	1,249	0,457	0,06	7,185	0,443	0,03	5,6
		Médios	1,250	0,457	0,06	7,190	0,444	0,03	5,6
		Semipesados	2,014	0,736	0,06	11,585	0,715	0,03	3,5
		Pesados	2,014	0,736	0,06	11,585	0,715	0,03	3,5
	Autocarros	Urbanos	3,019	1,104	0,06	17,368	1,071	0,03	2,3
		Rodoviários	2,292	0,838	0,06	13,182	0,813	0,03	3,0
2000-2001	Caminhões	Semileves	0,687	0,229	0,06	2,777	0,135	0,03	9,1
		Leves	1,123	0,374	0,06	4,539	0,220	0,03	5,6
		Médios	1,124	0,375	0,06	4,543	0,221	0,03	5,6
		Semipesados	1,810	0,603	0,06	7,319	0,355	0,03	3,5
		Pesados	1,810	0,603	0,06	7,319	0,355	0,03	3,5
	Autocarros	Urbanos	2,714	0,905	0,06	10,973	0,533	0,03	2,3
		Rodoviários	2,060	0,687	0,06	8,329	0,404	0,03	3,0

Ano	Categoria		CO	HC	CH ₄	NOx	MP	N ₂ O	Autonomia
			(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(km/l)
2002-2003	Caminhões	Semileves	0,374	0,128	0,06	2,711	0,053	0,03	9,1
		Leves	0,612	0,209	0,06	4,432	0,086	0,03	5,6
		Médios	0,612	0,209	0,06	4,435	0,086	0,03	5,6
		Semipesados	0,986	0,336	0,06	7,146	0,139	0,03	3,5
		Pesados	0,986	0,336	0,06	7,146	0,139	0,03	3,5
	Autocarros	Urbanos	1,478	0,504	0,06	10,713	0,209	0,03	2,3
		Rodoviários	1,122	0,383	0,06	8,131	0,158	0,03	3,0
2004-2005	Caminhões	Semileves	0,360	0,100	0,06	2,280	0,042	0,03	9,1
		Leves	0,580	0,160	0,06	3,720	0,069	0,03	5,6
		Médios	0,580	0,160	0,06	3,720	0,069	0,03	5,6
		Semipesados	0,940	0,250	0,06	6,000	0,111	0,03	3,5
		Pesados	0,940	0,250	0,06	6,000	0,111	0,03	3,5
	Autocarros	Urbanos	1,410	0,380	0,06	9,000	0,166	0,03	2,3
		Rodoviários	1,070	0,290	0,06	6,830	0,126	0,03	3,0
2006	Caminhões	Semileves	0,563	0,116	0,06	1,890	0,044	0,03	9,1
		Leves	0,793	0,228	0,06	3,464	0,069	0,03	5,6
		Médios	0,789	0,127	0,06	3,106	0,067	0,03	5,6
		Semipesados	1,004	0,247	0,06	5,292	0,103	0,03	3,4
		Pesados	0,808	0,218	0,06	5,209	0,094	0,03	3,4
	Autocarros	Urbanos	1,801	0,351	0,06	8,205	0,163	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	1,546	0,201	0,06	4,761	0,109	0,03	3,4
Rodoviários		0,974	0,254	0,06	5,622	0,103	0,03	3,2	
2007	Caminhões	Semileves	0,563	0,116	0,06	1,890	0,044	0,03	9,1
		Leves	0,793	0,228	0,06	3,464	0,069	0,03	5,6
		Médios	0,789	0,127	0,06	3,106	0,067	0,03	5,6
		Semipesados	1,004	0,247	0,06	5,292	0,103	0,03	3,4
		Pesados	0,808	0,218	0,06	5,209	0,094	0,03	3,4
	Autocarros	Urbanos	1,801	0,351	0,06	8,205	0,163	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	1,546	0,201	0,06	4,761	0,109	0,03	3,4
Rodoviários		0,974	0,254	0,06	5,622	0,103	0,03	3,2	

Ano	Categoria		CO	HC	CH ₄	NOx	MP	N ₂ O	Autonomia
			(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)
2008	Caminhões	Semileves	0,361	0,071	0,060	1,717	0,040	0,030	9,1
		Leves	0,685	0,124	0,06	3,072	0,062	0,03	5,6
		Médios	0,494	0,075	0,06	2,921	0,054	0,03	5,6
		Semipesados	1,030	0,104	0,06	4,920	0,089	0,03	3,4
		Pesados	0,713	0,149	0,06	5,397	0,085	0,03	3,4
	Autocarros	Urbanos	2,164	0,330	0,06	8,607	0,158	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,836	0,077	0,06	4,508	0,085	0,03	3,4
		Rodoviários	0,718	0,117	0,06	5,674	0,092	0,03	3,2
2009	Caminhões	Semileves	0,381	0,069	0,06	1,685	0,029	0,03	9,1
		Leves	0,647	0,116	0,06	3,060	0,054	0,03	5,6
		Médios	0,499	0,077	0,06	2,980	0,058	0,03	5,6
		Semipesados	0,936	0,085	0,06	5,018	0,085	0,03	3,4
		Pesados	0,906	0,117	0,06	5,349	0,080	0,03	3,4
	Autocarros	Urbanos	1,842	0,291	0,06	8,262	0,146	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,783	0,082	0,06	4,743	0,082	0,03	3,4
		Rodoviários	0,595	0,134	0,06	5,669	0,084	0,03	3,2
2010	Caminhões	Semileves	0,401	0,086	0,06	1,730	0,032	0,03	9,1
		Leves	0,489	0,088	0,06	2,977	0,048	0,03	5,6
		Médios	0,503	0,041	0,06	2,792	0,052	0,03	5,6
		Semipesados	0,886	0,128	0,06	5,036	0,096	0,03	3,4
		Pesados	0,643	0,168	0,06	5,312	0,066	0,03	3,4
	Autocarros	Urbanos	1,827	0,307	0,06	8,380	0,151	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	1,188	0,143	0,06	4,738	0,082	0,03	3,4
		Rodoviários	0,668	0,180	0,06	5,448	0,093	0,03	3,2
2011	Caminhões	Semileves	0,369	0,061	0,06	1,686	0,036	0,03	9,1
		Leves	0,499	0,086	0,06	2,972	0,048	0,03	5,6
		Médios	0,515	0,114	0,06	3,066	0,057	0,03	5,6
		Semipesados	1,007	0,099	0,06	4,782	0,085	0,03	3,4
		Pesados	0,789	0,157	0,06	5,188	0,071	0,03	3,4
	Autocarros	Urbanos	1,672	0,212	0,06	8,471	0,150	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	1,188	0,137	0,06	4,871	0,095	0,03	3,4
		Rodoviários	0,704	0,160	0,06	5,474	0,085	0,03	3,2

Ano	Categoria		CO	HC	CH ₄	NOx	MP	N ₂ O	Autonomia
			(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(km/l)
2012	Caminhões	Semileves	0,005	0,005	0,06	0,513	0,003	0,03	9,1
		Leves	0,128	0,010	0,06	1,090	0,007	0,03	5,6
		Médios	0,141	0,007	0,06	1,052	0,007	0,03	5,8
		Semipesados	0,136	0,016	0,06	1,620	0,015	0,03	3,6
		Pesados	0,256	0,030	0,06	1,590	0,015	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,626	0,018	0,06	2,810	0,020	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,153	0,039	0,06	1,448	0,015	0,03	3,4
		Rodoviários	0,344	0,033	0,06	1,695	0,016	0,03	3,4
2013	Caminhões	Semileves	0,011	0,005	0,06	0,484	0,003	0,03	9,1
		Leves	0,116	0,007	0,06	0,957	0,008	0,03	5,6
		Médios	0,087	0,010	0,06	1,086	0,009	0,03	5,8
		Semipesados	0,106	0,017	0,06	1,602	0,016	0,03	3,6
		Pesados	0,281	0,029	0,06	1,542	0,016	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,528	0,018	0,06	2,683	0,021	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,128	0,031	0,06	1,211	0,011	0,03	3,4
		Rodoviários	0,400	0,046	0,06	1,702	0,017	0,03	3,4
2014	Caminhões	Semileves	0,011	0,005	0,06	0,484	0,003	0,03	9,1
		Leves	0,116	0,007	0,06	0,957	0,008	0,03	5,6
		Médios	0,087	0,010	0,06	1,086	0,009	0,03	5,8
		Semipesados	0,106	0,017	0,06	1,602	0,016	0,03	3,6
		Pesados	0,281	0,029	0,06	1,542	0,016	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,528	0,018	0,06	2,683	0,021	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,128	0,031	0,06	1,211	0,011	0,03	3,4
		Rodoviários	0,400	0,046	0,06	1,702	0,017	0,03	3,4
2015	Caminhões	Semileves	0,044	0,007	0,06	0,528	0,004	0,03	9,1
		Leves	0,200	0,009	0,06	0,993	0,009	0,03	5,6
		Médios	0,091	0,009	0,06	0,986	0,009	0,03	5,8
		Semipesados	0,111	0,019	0,06	1,602	0,016	0,03	3,6
		Pesados	0,275	0,029	0,06	1,633	0,016	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,530	0,021	0,06	2,710	0,024	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,085	0,026	0,06	1,385	0,010	0,03	3,3
		Rodoviários	0,363	0,028	0,06	1,639	0,017	0,03	3,4

Ano	Categoria		CO	HC	CH ₄	NOx	MP	N ₂ O	Autonomia
			(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(km/l)
2016	Caminhões	Semileves	0,036	0,008	0,06	0,515	0,003	0,03	9,1
		Leves	0,172	0,012	0,06	0,994	0,008	0,03	5,6
		Médios	0,091	0,005	0,06	0,975	0,009	0,03	5,8
		Semipesados	0,124	0,011	0,06	1,469	0,014	0,03	3,6
		Pesados	0,292	0,033	0,06	1,690	0,016	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,566	0,016	0,06	2,873	0,021	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,072	0,012	0,06	1,303	0,010	0,03	3,3
		Rodoviários	0,352	0,028	0,06	1,832	0,016	0,03	3,4
2017	Caminhões	Semileves	0,030	0,004	0,06	0,484	0,003	0,03	9,1
		Leves	0,214	0,008	0,06	0,942	0,008	0,03	5,6
		Médios	0,102	0,012	0,06	0,906	0,008	0,03	5,8
		Semipesados	0,080	0,022	0,06	1,652	0,014	0,03	3,6
		Pesados	0,233	0,025	0,06	1,630	0,014	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,462	0,024	0,06	2,645	0,021	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,081	0,009	0,06	1,362	0,008	0,03	3,3
		Rodoviários	0,351	0,028	0,06	1,525	0,017	0,03	3,4
2018	Caminhões	Semileves	0,024	0,003	0,06	0,484	0,002	0,03	9,1
		Leves	0,230	0,009	0,06	0,875	0,009	0,03	5,6
		Médios	0,208	0,009	0,06	0,849	0,007	0,03	5,8
		Semipesados	0,099	0,017	0,06	1,593	0,014	0,03	3,6
		Pesados	0,289	0,023	0,06	1,598	0,014	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,538	0,010	0,06	2,021	0,022	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,122	0,008	0,06	1,421	0,008	0,03	3,3
		Rodoviários	0,374	0,028	0,06	1,678	0,018	0,03	3,4
2019	Caminhões	Semileves	0,015	0,003	0,06	0,512	0,002	0,03	9,1
		Leves	0,276	0,006	0,06	1,001	0,009	0,03	5,6
		Médios	0,203	0,009	0,06	0,829	0,008	0,03	5,8
		Semipesados	0,120	0,021	0,06	1,662	0,015	0,03	3,6
		Pesados	0,186	0,013	0,06	1,462	0,013	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,434	0,023	0,06	2,610	0,023	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,154	0,008	0,06	1,472	0,008	0,03	3,3
		Rodoviários	0,250	0,019	0,06	1,544	0,014	0,03	3,4

Ano	Categoria		CO	HC	CH ₄	NOx	MP	N ₂ O	Autonomia
			(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(km/l)
2020	Caminhões	Semileves	0,021	0,003	0,06	0,719	0,001	0,03	9,1
		Leves	0,157	0,012	0,06	1,194	0,008	0,03	5,6
		Médios	0,141	0,016	0,06	0,945	0,008	0,03	5,8
		Semipesados	0,139	0,025	0,06	1,759	0,017	0,03	3,6
		Pesados	0,191	0,013	0,06	1,648	0,014	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,393	0,039	0,06	2,634	0,024	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,143	0,015	0,06	1,325	0,009	0,03	3,3
Rodoviários		0,158	0,005	0,06	1,439	0,015	0,03	3,4	
2021	Caminhões	Semileves	0,013	0,002	0,06	0,606	0,001	0,03	9,1
		Leves	0,168	0,013	0,06	1,100	0,007	0,03	5,6
		Médios	0,155	0,018	0,06	1,007	0,009	0,03	5,8
		Semipesados	0,143	0,027	0,06	1,719	0,017	0,03	3,6
		Pesados	0,193	0,016	0,06	1,571	0,012	0,03	3,6
	Autocarros	Urbanos	0,472	0,033	0,06	2,687	0,025	0,03	2,1
		Micro-Autocarros	0,196	0,013	0,06	1,526	0,007	0,03	3,3
Rodoviários ⁽⁵⁾		0,158	0,005	0,06	1,439	0,015	0,03	3,4	

L. ANEXO 7: Factores de emissão para motorizadas. (CETESB, 2021)

Ano	Classificação	Combustível	CO	HC	HC	CH4	NOx	MP	CO ₂	N ₂ O	Autonomia
			(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)
2003	≤ 150 cc	Gasolina	4,785	0,725	0,616	0,109	0,145	0,0140	43	0,002	nd
	>150 e ≤ 500 cc		7,300	1,165	0,990	0,175	0,165		82	0,002	nd
	≥ 501 cc		3,570	0,110	0,094	0,017	0,110		163	0,002	nd
2004	≤ 150 cc	Gasolina	6,065	0,815	0,693	0,122	0,175	0,0140	47	0,002	nd
	>150 e ≤ 500 cc		7,300	1,165	0,990	0,175	0,165		82	0,002	nd
	≥ 501 cc		3,665	0,685	0,582	0,103	0,120		172	0,002	nd
2005	≤ 150 cc	Gasolina	2,610	0,460	0,391	0,069	0,160	0,0035	43	0,002	nd
	>150 e ≤ 500 cc		3,135	0,585	0,497	0,088	0,135		82	0,002	nd
	≥ 501 cc		1,725	0,395	0,336	0,059	0,125		145	0,002	nd
2006	≤ 150 cc	Gasolina	2,235	0,335	0,285	0,050	0,175	0,0035	53	0,002	nd
	>150 e ≤ 500 cc		1,745	0,375	0,319	0,056	0,155		65	0,002	nd
	≥ 501 cc		1,225	0,205	0,174	0,031	0,050		201	0,002	nd
2007	≤ 150 cc	Gasolina	1,795	0,320	0,272	0,048	0,170	0,0035	60	0,002	nd
	>150 e ≤ 500 cc		1,995	0,365	0,310	0,055	0,145		77	0,002	nd
	≥ 501 cc		1,315	0,215	0,183	0,032	0,095		158	0,002	nd
2008	≤ 150 cc	Gasolina	1,355	0,230	0,196	0,035	0,115	0,0035	55	0,002	nd
	>150 e ≤ 500 cc		1,720	0,290	0,247	0,044	0,145		74	0,002	nd
	≥ 501 cc		1,250	0,190	0,162	0,029	0,070		132	0,002	nd
2009	≤ 150 cc	Gasolina	1,090	0,165	0,124	0,041	0,100	0,0035	61	0,002	nd
	>150 e ≤ 500 cc		1,070	0,115	0,086	0,029	0,105		87	0,002	nd
	≥ 501 cc		1,015	0,150	0,113	0,037	0,105		143	0,002	nd
2010	≤ 150 cc	Gasolina	0,684	0,175	0,131	0,044	0,065	0,0035	52	0,002	nd
	> 150 cc		1,142	0,124	0,093	0,031	0,095		79	0,002	nd
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,754	0,148	0,111	0,037	0,052		51	nd	nd
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,579	0,156	0,117	0,039	0,066		51	nd	nd

Ano	Classificação	Combustível	CO	HC	HC	CH4	NOx	MP	CO ₂	N ₂ O	Autonomia
			(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)
2011	≤ 150 cc	Gasolina	0,610	0,200	0,150	0,050	0,080	0,0035	56	0,002	38,5
	> 150 cc		1,030	0,110	0,083	0,027	0,090		71	0,002	27,2
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,760	0,140	0,105	0,035	0,060		50	nd	42,8
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,680	0,160	0,120	0,040	0,060		49	nd	28,0
2012	≤ 150 cc	Gasolina	0,500	0,167	0,125	0,042	0,067	0,0035	57	0,002	37,8
	> 150 cc		0,989	0,111	0,083	0,028	0,089		83	0,002	26,5
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,741	0,137	0,103	0,034	0,041		50	0,002	43,2
	> 150 cc		1,139	0,103	0,077	0,026	0,092		71	0,002	29,4
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,897	0,162	0,122	0,040	0,039		47	nd	29,3
	> 150 cc		1,430	0,254	0,191	0,063	0,051		71	nd	19,4
2013	≤ 150 cc	Gasolina	0,492	0,160	0,120	0,040	0,063	0,0035	56	0,002	40,9
	> 150 cc		0,821	0,124	0,093	0,031	0,073		85	0,002	27,4
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,681	0,142	0,107	0,035	0,046		50	0,002	42,5
	> 150 cc		0,696	0,081	0,061	0,020	0,077		77	0,002	27,6
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,828	0,152	0,114	0,038	0,038		47	nd	29,4
	> 150 cc		0,780	0,090	0,068	0,022	0,042		76	nd	18,3
2014	≤ 150 cc	Gasolina	0,492	0,160	0,120	0,040	0,063	0,0035	56	0,002	40,9
	> 150 cc		0,821	0,124	0,093	0,031	0,073		85	0,002	27,4
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,681	0,142	0,107	0,035	0,046		50	0,002	42,5
	> 150 cc		0,696	0,081	0,061	0,020	0,077		77	0,002	27,6
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,828	0,152	0,114	0,038	0,038		47	nd	29,4
	> 150 cc		0,780	0,090	0,068	0,022	0,042		76	nd	18,3
2015	≤ 150 cc	Gasolina	0,570	0,130	0,097	0,032	0,043	0,0035	50	0,002	44,2
	> 150 cc		0,734	0,112	0,084	0,028	0,064		75	0,002	31,1
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,708	0,113	0,085	0,028	0,037		45	nd	47,2
	> 150 cc		0,633	0,072	0,054	0,018	0,050		54	nd	41,0
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,789	0,136	0,102	0,034	0,029		43	nd	32,5
	> 150 cc		0,697	0,087	0,065	0,022	0,032		52	nd	28,3

Ano	Classificação	Combustível	CO	HC	HC	CH4	NOx	MP	CO2	N2O	Autonomia
			(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)
2016	≤ 150 cc	Gasolina	0,606	0,124	0,093	0,031	0,013	0,0035	47	nd	45,2
	> 150 cc		0,504	0,079	0,059	0,020	0,049		65	nd	35,5
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,649	0,130	0,098	0,032	0,038		46	nd	45,7
	> 150 cc		0,715	0,111	0,083	0,028	0,044		62	nd	34,3
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,517	0,160	0,120	0,040	0,039		45	nd	31,2
	> 150 cc		0,827	0,180	0,135	0,045	0,021		60	nd	23,0
2017	≤ 150 cc	Gasolina	0,580	0,110	0,083	0,027	0,024	0,0035	38	0,002	57,1
	> 150 cc		0,525	0,073	0,055	0,018	0,043		48	0,002	45,6
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,731	0,120	0,090	0,030	0,031		41	nd	51,9
	> 150 cc		0,694	0,084	0,063	0,021	0,045		49	nd	44,0
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,476	0,151	0,113	0,038	0,024		40	nd	35,8
	> 150 cc		0,689	0,110	0,083	0,027	0,028		48	nd	29,8
2018	≤ 150 cc	Gasolina	0,608	0,108	0,081	0,027	0,023	0,0035	37	0,002	58,5
	> 150 cc		0,545	0,073	0,055	0,018	0,046		50	0,002	44,2
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,834	0,113	0,085	0,028	0,030		41	nd	51,5
	> 150 cc		0,726	0,086	0,065	0,021	0,042		49	nd	44,0
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,502	0,139	0,104	0,035	0,027		40	nd	35,6
	> 150 cc		0,654	0,101	0,076	0,025	0,035		47	nd	30,3
2019	≤ 150 cc	Gasolina	0,566	0,111	0,083	0,028	0,023	0,0035	39	0,002	55,9
	> 150 cc		0,503	0,070	0,052	0,017	0,047		54	0,002	43,1
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,834	0,123	0,093	0,031	0,029		39	nd	53,9
	> 150 cc		0,754	0,093	0,070	0,023	0,043		49	nd	44,0
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,524	0,140	0,105	0,035	0,023		39	nd	36,4
	> 150 cc		0,680	0,096	0,072	0,024	0,034		47	nd	30,2
2020	≤ 150 cc	Gasolina	0,537	0,115	0,087	0,029	0,023	0,0035	43	0,002	50,9
	> 150 cc		0,462	0,072	0,054	0,018	0,048		53	0,002	43,3
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,834	0,128	0,096	0,032	0,033		42	nd	50,8
	> 150 cc		0,793	0,096	0,072	0,024	0,044		49	nd	44,0
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,509	0,141	0,106	0,035	0,028		40	nd	35,4
	> 150 cc		0,682	0,096	0,072	0,024	0,029		47	nd	30,2

	Classificação	Combustível	CO	HC	HC	CH4	NOx	MP	CO2	N2O	Autonomia
			(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(g/Km)	(km/l)
	≤ 150 cc	Gasolina	0,486	0,108	0,081	0,027	0,025	0,0035	41	0,002	53,4
	> 150 cc		0,439	0,070	0,053	0,018	0,051		54	0,002	43,0
	≤ 150 cc	Flex-Gasolina	0,807	0,117	0,088	0,029	0,031		40	nd	52,8
	> 150 cc		0,675	0,089	0,022	0,067	0,050		48	nd	45,0
	≤ 150 cc	Flex-Etanol	0,553	0,135	0,101	0,034	0,029		39	nd	36,0
	> 150 cc		0,683	0,102	0,025	0,077	0,032		47	nd	30,6

M. ANEXO 8: Emissão Evaporativo para automóveis leves do ciclo Otto. (CETESB, 2021)

Ano Modelo	Categoria	Combustível	Temperatura: 20 - 35°C			Temperatura: 10 - 25°C			Temperatura: 0 - 15°C		
			e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)	e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)	e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)
2005	Automóveis e Comercias Leves	Gasolina C	0,35	0,55	0,16	0,18	0,14	0,10	0,14	0,07	0,07
		Etanol Hidratado	0,35	0,56	0,17	0,09	0,39	0,09	0,06	0,22	0,06
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,17	0,26	0,16	0,09	0,18	0,10	0,07	0,10	0,07
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,17	0,35	0,07	0,09	0,24	0,04	0,07	0,14	0,03
2006	Automóveis e Comercias Leves	Gasolina C	0,18	0,28	0,16	0,09	0,07	0,10	0,07	0,04	0,07
		Etanol Hidratado	0,34	0,53	0,16	0,08	0,37	0,09	0,06	0,21	0,06
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,49	0,78	0,07	0,25	0,20	0,04	0,20	0,10	0,03
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,24	0,38	0,16	0,12	0,10	0,10	0,10	0,05	0,07
2007	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,18	0,28	0,16	0,09	0,07	0,10	0,07	0,04	0,07
		Etanol Hidratado	0,32	0,51	0,15	0,08	0,35	0,08	0,06	0,20	0,06
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,49	0,78	0,07	0,25	0,20	0,04	0,20	0,10	0,03
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,24	0,38	0,16	0,12	0,10	0,10	0,10	0,05	0,07
2008	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,25	0,41	0,16	0,13	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,42	0,68	0,07	0,21	0,18	0,04	0,16	0,08	0,03
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,16	0,26	0,16	0,08	0,07	0,1	0,06	0,03	0,07
2009	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,25	0,41	0,16	0,13	0,1	0,1	0,1	0,05	0,07
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,42	0,68	0,07	0,21	0,18	0,04	0,16	0,08	0,03
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,16	0,26	0,16	0,08	0,07	0,1	0,06	0,03	0,07
2010	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,08	0,08	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,13	0,25	0,14	0,07	0,17	0,09	0,05	0,10	0,07
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,23	0,37	0,23	0,12	0,26	0,14	0,09	0,15	0,11
2011	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,19	0,17	0,14	0,10	0,12	0,04	0,08	0,07	0,03
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,30	0,31	0,23	0,16	0,22	0,07	0,12	0,12	0,05
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,41	0,41	0,31	0,22	0,29	0,09	0,17	0,16	0,07

Ano Modelo	Categoria	Combustível	Temperatura: 20 - 35°C			Temperatura: 10 - 25°C			Temperatura: 0 - 15°C		
			e _d (1) (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)	e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)	e _d (g/dia)	e _s (g/viag)	e _r (g/viag)
2012	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,19	0,16	0,06	0,05	0,11	0,04	0,03	0,06	0,03
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,21	0,23	0,08	0,05	0,16	0,05	0,04	0,09	0,03
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,33	0,35	0,12	0,08	0,25	0,07	0,06	0,14	0,05
2013	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,12	0,13	0,05	0,03	0,09	0,03	0,02	0,05	0,02
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,22	0,24	0,08	0,05	0,17	0,05	0,04	0,10	0,04
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,28	0,35	0,12	0,07	0,25	0,07	0,05	0,14	0,05
2014	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,10	0,10	0,04	0,02	0,07	0,02	0,02	0,04	0,02
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,17	0,20	0,07	0,04	0,14	0,04	0,03	0,08	0,03
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,26	0,36	0,11	0,06	0,25	0,06	0,05	0,14	0,04
2015	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,06	0,09	0,03	0,02	0,06	0,02	0,01	0,04	0,01
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,14	0,16	0,06	0,03	0,12	0,03	0,02	0,07	0,02
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,22	0,27	0,09	0,05	0,19	0,05	0,04	0,11	0,04
2016	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,09	0,11	0,04	0,02	0,08	0,02	0,02	0,04	0,01
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,15	0,15	0,06	0,04	0,11	0,03	0,03	0,06	0,02
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,21	0,22	0,08	0,05	0,15	0,05	0,04	0,09	0,03
2017	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,07	0,09	0,03	0,02	0,07	0,02	0,01	0,04	0,01
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,16	0,15	0,06	0,04	0,10	0,03	0,03	0,06	0,03
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,23	0,23	0,08	0,06	0,16	0,05	0,04	0,09	0,04
2018	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,05	0,07	0,02	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03	0,01
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,15	0,13	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,05	0,02
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,19	0,20	0,07	0,05	0,14	0,04	0,03	0,08	0,03
2019	Comercias Leves e Leves	Gasolina C	0,05	0,07	0,02	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03	0,01
		<i>Flex</i> -Gasolina C	0,14	0,12	0,05	0,03	0,08	0,03	0,02	0,05	0,02
		<i>Flex</i> -Etanol Hidratado	0,18	0,19	0,07	0,04	0,13	0,04	0,03	0,08	0,03

N. ANEXO 9: Evolução Temporal das emissões de poluentes na região Metropolitana de Maputo. (Autor)

Poluente (t)	Anos							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CO	516,01	6465,57	1652,4	2315,23	4442,83	6640,4	4590,18	2515,82
NO _x	60,11	38944,8	6551,1	10548,8	19942,3	21034	20987,9	7389,51
HC total	157,68	1716,57	422,66	481,459	670,209	1692,1	940,242	386,562
MP	3,37	661,017	117,67	167,96	302,693	278,73	303,788	74,6664
N ₂ O	15,07	222,425	59,634	96,1534	181,769	198,82	201,846	220,806
CO ₂	54.994,91	110.331	194.266	328.899	673.238	915.197	3.866.103	4.299.134

(Continuação)

Poluente (t)	Anos							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CO	5907,922	2918,155	2778,829	2835,446	2715,476	3453,963	2881,134	2809,088
NO _x	8354,35	8792,701	9787,042	10444,55	10306,27	10555,37	10063,36	11959,05
HC total	1448,258	392,8847	358,9685	410,4643	354,25	353,7233	298,0066	319,9827
MP	111,1774	97,99458	104,2131	103,1977	96,46576	102,8151	98,08217	111,6416
N ₂ O	264,8217	274,7359	284,9358	303,1987	315,4813	1381,026	352,1986	371,3626
CO ₂	5.242.492	5.418.541	5.557.477	5.768.159	5.950.212	6.186.665	6.573.131	6.918.427

O. ANEXO 10: Veiculo Misto. (AMT)



Figura. O1-1: *Veiculo Misto*

