

Evolução das emissões dos gases automotivos de veículos do ciclo de otto.

Evolution of emissions of automotive gases of vehicles of the otto cycle

Evolución de las emisiones de los gases automotores de vehículos del ciclo de otto.

Alexandre Valença do Nascimento Silva

Professor Mestre, IFPE, Brasil
alexandrev.fisica@gmail.com

Werônica Meira de Souza

Professora Doutora, UFPE, Brasil
weroniceira@gmail.com



RESUMO

Nas grandes metrópoles, os veículos automotivos contribuem de forma significativa com a injeção de gases como Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂) e Hidrocarbonetos (HC) comprometendo a qualidade do ar atmosférico. Na busca por veículos mais econômicos e com menores níveis de emissão, os fabricantes passaram a investir em tecnologia construindo motores melhores. Este trabalho teve como objetivo avaliar a evolução das emissões dos gases Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂) e Hidrocarbonetos, por ano do veículo tanto a gasolina como a álcool. Através da análise de emissão em marcha lenta, os veículos com menos idade e/ou com baixa quilometragem emitem menos Hidrocarbonetos com redução de aproximadamente 86,8% para baixa rotação e de 82,4% para alta rotação. O Monóxido de Carbono apresenta redução de aproximadamente 93,9% para baixa rotação e de 87,2% para alta rotação. Mas o Dióxido de Carbono apresenta a maior taxa de emissão para com crescimento de aproximadamente 154% para baixa rotação e de 120,3% para alta rotação.

PALAVRAS CHAVE: Poluição atmosférica, emissão veicular, centro urbano .

ABSTRACT

In large metropolises, automotive vehicles contribute significantly to the injection of gases such as Carbon Monoxide (CO), Carbon Dioxide (CO₂) and Hydrocarbons (HC) compromising the quality of atmospheric air. In the quest for cheaper vehicles with lower emission levels, manufacturers have started investing in technology by building better engines. The objective of this work was to evaluate the evolution of emissions of carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and hydrocarbons per year of the vehicle, both gasoline and alcohol. Through idle emission analysis, less aged and / or low mileage vehicles emit less hydrocarbons with a reduction of approximately 86.8% for low rotation and 82.4% for high rotation. Carbon Monoxide presents a reduction of approximately 93.9% for low rotation and 87.2% for high rotation. But Carbon Dioxide has the highest emission rate for growth of approximately 154% for low rotation and 120.3% for high rotation.

KEY-WORDS: Air pollution, vehicular emission, urban center.

RESUMEN

Las grandes metrópolis, los gases de efecto contribuyeron significativamente con la inyección de gases como Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂) e Hidrocarburos (HC) en una calidad del aire atmosférico. En la búsqueda de vehículos más antiguos y con menores niveles de emisión, los fabricantes pasaron a invertir en tecnología construyendo motores mejores. Este es un gas de efecto positivo de los gases Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂) e Hidrocarburos, por ejemplo del combustible tanto como un alcohol. A través del análisis de emisión a ralentí, los vehículos con la menor edad y / o el kilometraje se emiten menos Hidrocarburos con la reducción del 86,8% para la baja velocidad y del 82,4% para alta rotación. El Monóxido de Carbono para una actualización del 93,9% para la baja velocidad y del 87,2% para alta rotación. Pero el Dióxido de Carbono presenta una tasa de emisión con una tasa de crecimiento del 154% para una baja rotación y del 120,3% para alta rotación.

PALABRAS CLAVE: Contaminación Atmosférica, Emisión Vehicular, Centro Urbano.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as grandes concentrações humanas existentes, em sua maior parte nas grandes cidades, utilizam recursos naturais para a manutenção de seu padrão de vida. Como consequência, a geração dos resíduos, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos, são produzidos através de processos necessários para a sobrevivência.

Como uma das consequências da geração de resíduos, a poluição atmosférica, afeta diretamente a qualidade do ar. Tem-se constituído numa das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes (TELLES, 2011). Esse tipo de poluição consiste na emissão de compostos perigosos ao meio ambiente, por uma série de atividades naturais e / ou antropogênicas, causando efeitos adversos à saúde humana e aos ecossistemas (KAMPA; CASTANAS, 2008, p. 362). Este tipo de poluição pode ser causada por fontes fixas ou móveis, dependendo dos processos que liberam os poluentes no ar.

De acordo com Teixeira (2008) as fontes veiculares têm uma participação acentuada na degradação da qualidade do ar atmosférico, principalmente em grandes centros urbanos.

O aumento das taxas de emissões veiculares contribui para o crescimento das concentrações de Gases do Efeito Estufa (GEE) que é um dos principais problemas ambientais que o mundo enfrenta atualmente. Os gases dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) são os principais gases gerados por atividades humanas que compõem os GEE. Os veículos automotores são uma importante fonte de emissão desses gases, tanto diretamente através da emissão de gases pelo escapamento, como por meio das emissões produzidas durante os processos de produção dos combustíveis utilizados pelos veículos (BORSARI, 2009). Os problemas relacionados à saúde humana, devido à poluição atmosférica, podem variar desde leves alergias doenças cardiorrespiratórias a desenvolvimento de cânceres e acréscimo das taxas de morbidade e mortalidade nas áreas urbanas (Saldivaetal.,1995; Branco e Walsh, 2005).

Na Região Metropolitana do Recife (RMR), observa-se um crescimento industrial, veicular e populacional intenso. De acordo com o Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros o desenvolvimento do Complexo Portuário de Suape, que faz parte da Região, nos últimos anos (2007 a 2013) absorveu mais de cem empresas, proporcionando um elevado crescimento industrial na região.

De acordo com Biazzi (2013) o incentivo promovido pelo governo brasileiro no ano de 2012 através da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), para a compra de carros, visando a melhoria do setor econômico, contribui diretamente para um crescimento da frota de automóveis na cidade prejudicando ainda mais a mobilidade urbana e os níveis de emissão.

De acordo com o Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco (DETRAN-PE) a frota veicular Recife passou de 452.134 veículos em 2008 para 692.866 veículos em julho de 2018, correspondendo a 240.732 veículos a mais na cidade durante os últimos dez anos, representando um crescimento de 53,2%. O crescimento anual de veículos, bem como o aumento da concentração principalmente nos horários considerados de pico contribui para a injeção de gases tóxicos na cidade do Recife, podendo estar comprometendo a qualidade do ar desta região.

Na busca por veículos mais econômicos e com menores níveis de emissão, as construtoras passaram a elaborar motores que necessitassem de menos combustível, emitindo menos poluentes, sendo um atrativo momento das vendas.

Na queima real observa-se uma grande quantidade de gases emitidos diferentemente da queima completa que elimina CO_2 e água. Alguns gases são indicadores de uma queima mais completa. Por exemplo, os Hidrocarbonetos são gases resultantes da combustão incompleta (queima não ideal). É resultante das partes fracionadas das cadeias longas do combustível que não se oxidaram. Quanto menor a concentração dos hidrocarbonetos melhor a combustão (INMETRO).

LACERDA et al (2005) que o escapamento dos veículos à combustão é responsável pela emissão de grandes concentrações de CO. Esse gás resultante da combustão na qual a quantidade de ar é insuficiente para uma queima completa do combustível. Quanto menor a porcentagem de monóxido de carbono melhor é a queima.

A evolução tecnológica dos motores do ciclo de Otto no processo da mistura ar – combustível, contribuiria com a redução das taxas de emissão dos gases NO_x , CO, HC e material particulado mas aumentaria as taxas para o CO_2 , que é o produto final da reação de combustão (HURTADO, 2013; MILHOR, 2002). De acordo com Hurtado (2013), analisando a evolução histórica dos veículos automotores, o sistema de injeção de combustível na câmara de combustão é de fundamental importância, pois o seu aperfeiçoamento é um dos responsáveis pela diminuição de emissões residuais de motores ciclo Otto e conseqüentemente os impactos ambientais. A evoluçãoda redução no processo de injeção de combustível, através do desenvolvimento tecnológico, contribui de forma significativa na redução da emissão de todos os poluentes inclusive o Dióxido de Carbono (MILHOR, 2002; HURTADO, 2013).

De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB,2018) os automóveis com quilometragens elevadas, devido ao desgaste natural das peças do motor, possuam maiores taxas de emissão veicular para os Hidrocarbonetos e Monóxido de Carbono, reduzindo o Dióxido de Carbono. Caso o desgaste também se manifeste nos dispositivos de injeção de combustível a tendência é de que as emissões de todos os gases aumentem inclusive o Dióxido de Carbono.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar a evolução da concentração dos gases Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO_2) e Hidrocarbonetos (HC) emitidos por veículos do ciclo de Otto, utilizando álcool e gasolina, por ano do veículo, emitidos diretamente do seu escapamento veicular. Avaliar a evolução das emissões desses gases tóxicos, identificando se realmente o ano do carro, como também seu tempo de uso influência nos seus níveis de emissão.

3. METODO DE ANALISE

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na cidade do Recife, Pernambuco. Possui área de aproximadamente 217 km^2 com população de 1.599.514 habitantes (PREFEITURA DO RECIFE, 2016). Capital do Estado de Pernambuco e sede da Região Metropolitana do Recife.

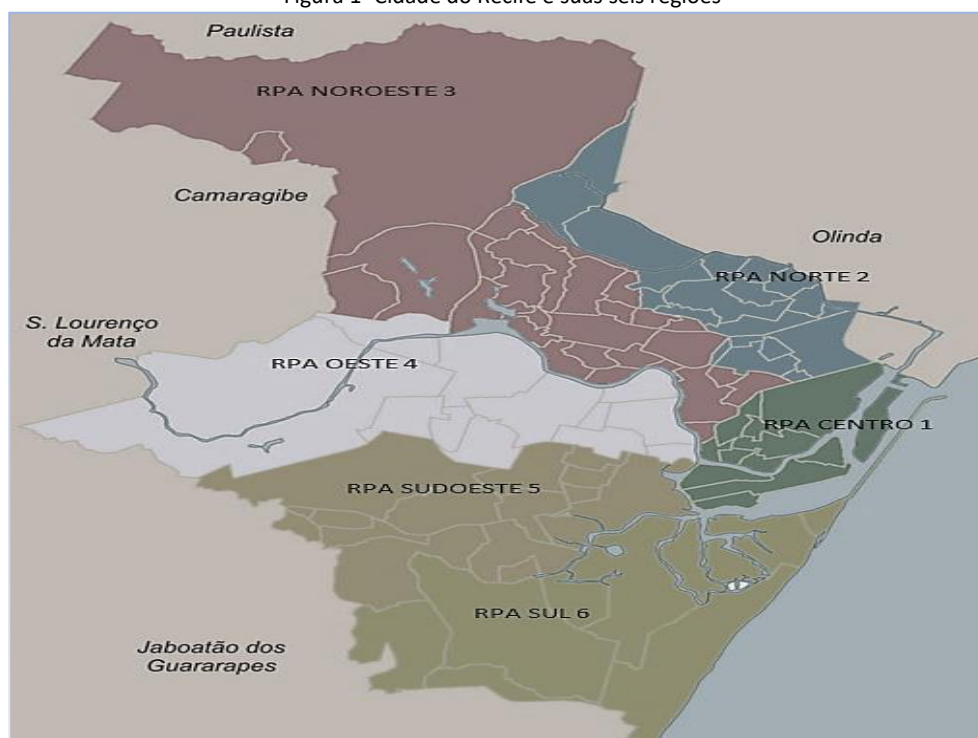
O clima predominante é quente e úmido (KÖPPEN, 1948), com temperaturas elevadas e com chuvas de inverno e outono. Sua média anual da umidade relativa do ar, é 80%, e climatologia anual da temperatura média do ar é de 25,5 °C, da temperatura máxima de 29,3°C e da mínima de 22,1°C.

Sua vegetação é Mata Atlântica, por ser uma cidade litorânea. De acordo com o DETRAN –PE a frota de veículos em julho de 2018 foi de 692.866, incluindo automóveis, motos, caminhões, ônibus dentre outros. Apenas de automóveis temos 408. 249. De acordo com a Prefeitura do Recife (2016), a cidade do Recife está dividida em seis Regiões Político-Administrativas (R P A). São elas:

1. Centro (R P A 1);
2. Norte (R P A 2);
3. Nordeste (R P A 3);
4. Oeste (R P A 4);
5. Sudoeste (R P A 5);
6. Sul (R P A 6).

A Figura 1 representa o mapa da cidade do Recife.

Figura 1- Cidade do Recife e suas seis regiões



Fonte: Prefeitura da cidade do Recife, 2018.

3.2. AQUISIÇÃO DE DADOS

O Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco (DETRAN-PE) forneceu os dados da frota total dos veículos, incluindo automóveis, motos, caminhões, ônibus dentre outros e de apenas automóveis, para a cidade do Recife. Os dados são atualizados em julho de 2018.

As taxas de emissão veicular medidas direto do escapamento dos automóveis, por ano do veículo foram realizadas pelo equipamento denominado “Analisador de gases de exaustão de veículos automotores” (AGEVA) da Tecnomotor, fornecido pelo Instituto Federal de Pernambuco, Campus Pesqueira. O AGEVA mede os gases CO, CO₂ e HC direto no escapamento do carro através de uma sonda. O programa de

estatística Origin (versão 10.5) foi utilizado para a realização dos gráficos e para análise dos dados obtidos.

3.3. METODOLOGIA

Utilizando o equipamento AGEVA, foram obtidas as taxas das emissões em marcha lenta dos gases Hidrocarbonetos (HC), Monóxido de Carbono (CO) e Dióxido de Carbono (CO₂) com o veículo funcionando em baixa rotação (900 rotações por minuto) e em alta rotação (variando entre 2500 e 3000 rotação por minuto). Foram realizadas 10 medições por veículo, totalizando 130 veículos durante o período de um ano e meio, iniciando em julho de 2016 e finalizando em dezembro de 2017. As medições foram realizadas semanalmente, em horários diferentes, sendo algumas durante o dia e a mesma quantidade durante a noite. Os resultados das taxas durante o dia foram confrontados com os resultados da noite com o objetivo de saber se existe alguma relação da temperatura ambiente com as taxas de emissão.

Foram utilizados automóveis com ano de fabricação pertencentes ao intervalo de 2005 a 2017. Foram analisados dez automóveis por ano de fabricação independente de ser apenas gasolina, álcool ou flex, resultando num total de 130 veículos. Os automóveis pertencentes aos anos de 2005 e 2006 foram apenas gasolina. Dos dez automóveis de 2007 apenas um foi a gasolina e o restante flex. Os automóveis pertencentes aos anos de 2008 a 2017 foram apenas flex. A foto do equipamento utilizado para coletar as informações está representada na Figura 2.

Figura 2- Foto do analisador de gases da Tecnomotor.



Fonte: O autor.

Os automóveis, em repouso, foram colocados em ambiente aberto sem nenhum tipo de coberta. Uma sonda é colocada no escapamento do veículo e após a sua calibragem o teste inicia. Durante o teste os valores emitidos são fornecidos automaticamente no computador e no final ele expressa seus valores definitivos através de um relatório. A interface disponível no computador pelo analisador de gases no momento da análise está na representada na Figura 3

Figura 3 – Interface disponível pelo analisador de gases



Fonte: o autor.

As medidas dos hidrocarbonetos são realizadas em partes por milhão de volume (ppm vol) isto é, uma leitura de 100 ppm vol indica que existem 100 partes de hidrocarbonetos em um milhão de partes de gás de exaustão. As medidas do monóxido de carbono e do dióxido de carbono são dadas em porcentagem de volume (vol %) representando o percentual desses gases em relação ao volume total. O equipamento apresenta precisão de 1ppm vol para o HC, 0,01 % VOL para CO e 0,1 % VOL para o CO₂. O equipamento AGEVA utilizado já estava calibrado nos padrões estipulados pelo fabricante.

Gráficos dos valores médios anuais, representando a evolução das emissões em marcha lenta para baixa e alta rotação, dos gases HC, CO e CO₂, por ano de fabricação dos automóveis, foram construídos. Os valores médios anuais foram calculados com suas respectivas dispersões através do Desvio Padrão (DP). A média dos valores médios anuais, para cada gás, foi calculada com seu respectivo intervalo de dispersão. As variações percentuais dos valores medidos foram analisadas utilizando seus valores médios com Intervalo de Confiança (IC) de 95%. Estas medidas tem o objetivo de mostrar alguma evolução tecnológica dos automóveis, caso apresentem alguma diminuição das taxas de emissão de HC e CO, e aumento de CO₂, com o passar dos anos.

Os resultados foram analisados, relacionando o nível de emissão de acordo com o ano do veículo, e com o tempo de utilização do mesmo, mensurado através da quilometragem do automóvel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. TAXAS DE EMISSÃO EM MARCHA LENTA

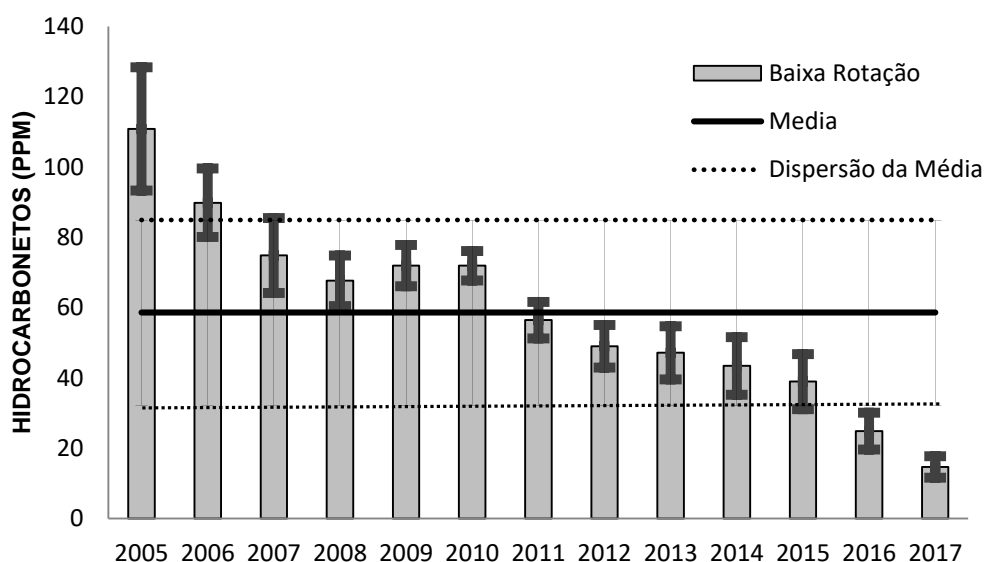
4.1.1. Hidrocarbonetos

Para baixa rotação, os valores médios de emissão por ano de fabricação do automóvel diminuem com o passar do tempo apresentando uma redução percentual de aproximadamente 86,8% considerando veículos dos anos de 2005 a 2017. A Figura 4 apresenta os valores médios das emissões em marcha lenta dos Hidrocarbonetos, por ano de fabricação, com suas devidas dispersões, para baixa rotação. Também apresenta a média dos valores médios anuais com sua respectiva dispersão.

Para baixa rotação a média dos valores médios anuais (ano de fabricação) foi de 58,5 ppm vol com IC de 14,3 ppm vol e DP de 26,3 ppm vol.

Observa-se que para baixa rotação, comparando veículos do ano de 2005 com veículos do ano de 2017, percebe-se uma redução significativa nas emissões para os HC em relação a média das médias anuais, já que os valores das médias anuais possuem um intervalo de dispersão sem intersecção com o intervalo de dispersão da média das médias anuais.

Figura 4 – Hidrocarbonetos emitidos em marcha lenta.

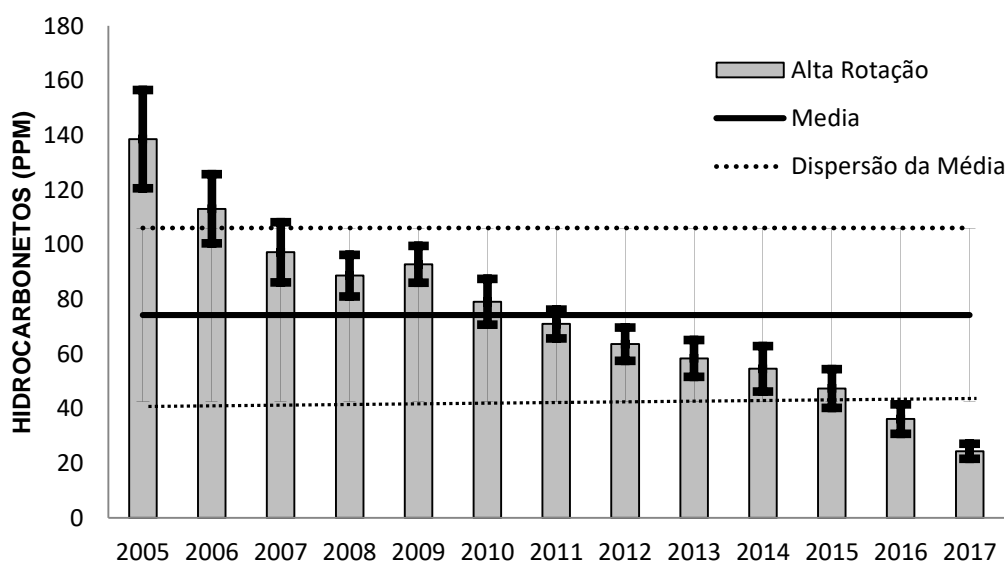


Fonte: o autor.

Para alta rotação, os valores médios de emissão por ano de fabricação do automóvel também, diminuem com o passar do tempo apresentando uma redução percentual de aproximadamente 82,4% considerando veículos dos anos de 2005 a 2017. A Figura 5 apresenta os valores médios das emissões em marcha lenta dos HC, por ano de fabricação, com suas devidas dispersões, para alta rotação. Também apresenta a média dos valores médios anuais com sua respectiva dispersão. Para alta rotação

a média dos valores médios anuais (ano de fabricação) foi de 74,2 ppm vol com IC de 17,3 ppm vol e DP de 31,8 ppm vol.

Figura 5 – Hidrocarbonetos emitidos em marcha lenta.



Fonte: o autor.

Observa-se que para alta rotação, comparando veículos do ano de 2005 com veículos do ano de 2016 em diante, observa-se uma redução significativa nas emissões para os HC, já que os valores das médias anuais possuem um intervalo de dispersão sem intersecção com o intervalo de dispersão da média das médias anuais.

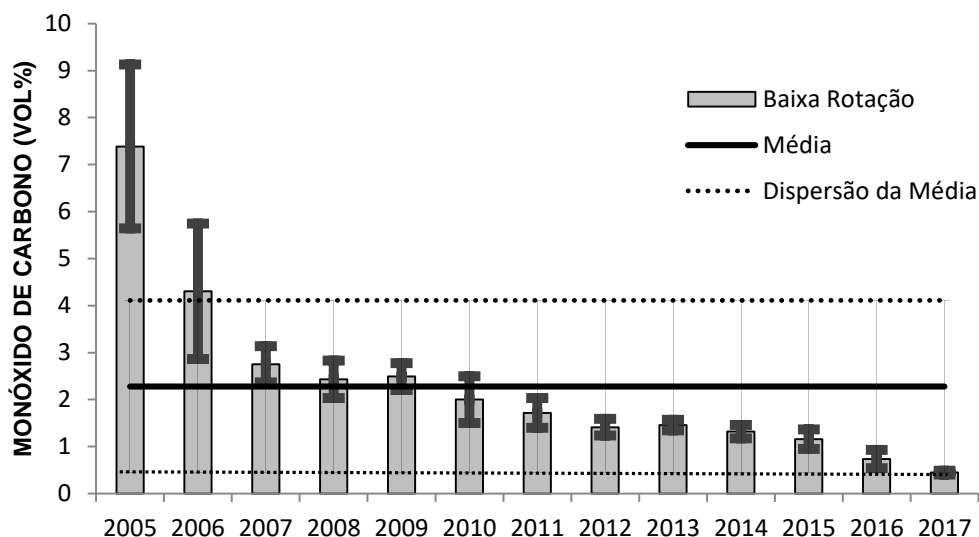
Para os hidrocarbonetos, observou-se que as grandes concentrações emitidas pelos automóveis mais antigos são justificadas pela combinação de dois fatores: a idade e a quilometragem do veículo. Medidas realizadas em veículos de idade diferente e mesma quilometragem mostraram que os mais antigos poluem mais. Medidas realizadas em veículos de mesma idade, mas de quilometragens diferentes mostraram que aqueles que apresentaram maior quilometragem percorrida poluem mais. De acordo com a CETESB o desgaste do motor contribui com o aumento das emissões de hidrocarbonetos por prejudicar o processo de combustão, mostrando que este resultado era esperado.

4.1.2. Monóxido de Carbono

A figura 6 mostra os valores médios das emissões do CO por ano de fabricação com seus intervalos de dispersão, bem como o valor da média das médias anuais com seu intervalo de dispersão, para baixa rotação.

Os valores médios por ano de fabricação apresentaram diminuição percentual de aproximadamente 93,9 % para baixa rotação. A média dos valores médios anuais foi de 2,3 vol % com IC (95%) de 1,0 vol% e DP de 1,8 vol%. Observa-se que, para baixa rotação, a variação os valores médios anuais em relação à média das médias anuais sofreram queda de 2005 a 2006, permanecendo sem variação significativa daí em diante, já que os intervalos de dispersão das médias anuais possuem intersecção com o intervalo da dispersão da média das médias anuais. Comparando veículos de ano 2005 com veículos de ano 2017, observa-se uma redução significativa.

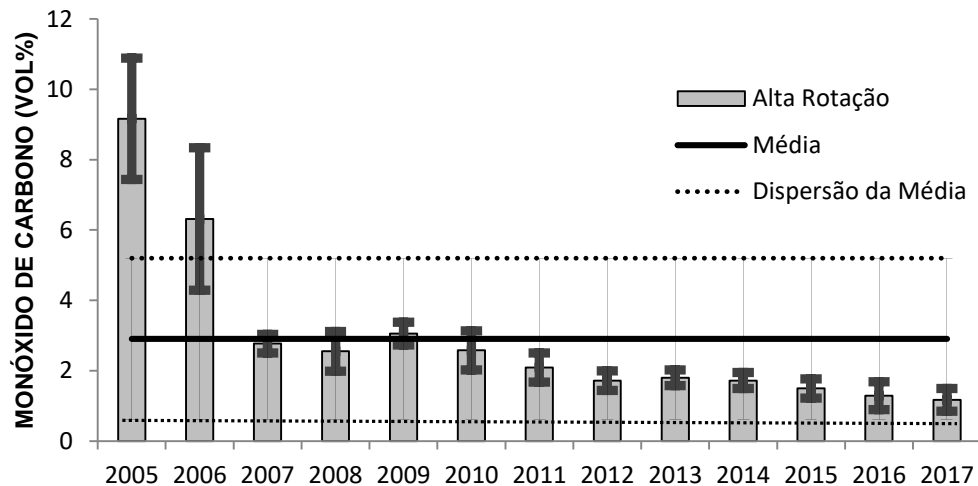
Figura 6 – Monóxido de Carbono emitidos em marcha lenta.



Fonte: o autor.

A figura 7 mostra os valores médios das emissões do CO por ano de fabricação com seus intervalos de dispersão, bem como o valor da média das médias anuais com seu intervalo de dispersão, para alta rotação.

Figura 7 – Monóxido de Carbono emitidos em marcha lenta.



Fonte: o autor.

Os valores médios por ano de fabricação apresentaram diminuição percentual de aproximadamente 87,2 % para alta rotação. A média dos valores médios anuais foi de 2,9 vol % com IC (95%) de 1,2 vol% e DP de 2,3 vol %. Semelhante ao que aconteceu para baixa rotação, observa-se que a variação dos valores médios anuais em relação à média das médias anuais sofreu queda de 2005 a 2006, permanecendo sem variação significativa daí em diante, já que os intervalos de dispersão das médias anuais possuem intersecção com o intervalo da dispersão da média das médias anuais. Comparando veículos de ano 2005 com veículos de ano 2017, observa-se também uma redução significativa.

De acordo com o INMETRO (2017) a redução da emissão do monóxido de carbono representa uma melhoria no processo de mistura (combustível + ar) na câmara de combustão, diminuindo o percentual de combustível em relação à quantidade de oxigênio. Essa redução do monóxido de carbono acarreta num aumento de dióxido de carbono devido à maior quantidade de átomos oxigênio interagindo com átomos de carbono.

Da mesma forma que nos hidrocarbonetos, os resultados mostraram que as grandes concentrações emitidas pelos automóveis mais antigos são resultadas da combinação de dois fatores: a idade do veículo e a quilometragem do veículo, por possuir uma combustão ineficiente (tecnologia ultrapassada) e um desgaste dos componentes do motor respectivamente.

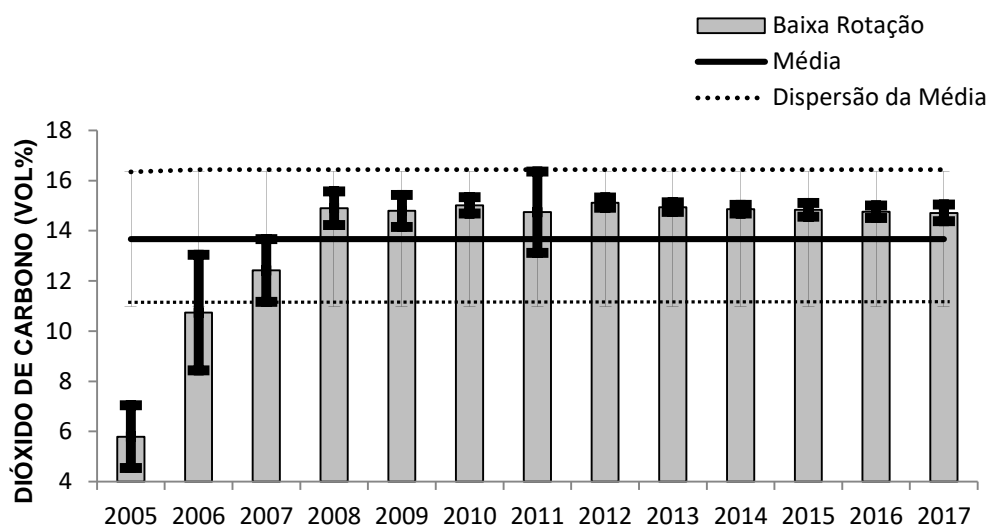
Para o monóxido de carbono, as medidas realizadas em veículos de idade diferentes e mesma quilometragem mostraram que os mais antigos poluem mais. Nos veículos com mesma idade, mas com quilometragens diferentes os que rodaram mais poluem mais também. Este resultado confirma que o desgaste do motor contribui para o aumento de emissão de Monóxido de Carbono (CETESB, 2012).

4.1.3. Dióxido de Carbono

Para baixa rotação os valores médios por ano de fabricação apresentam crescimento percentual de 154,0 % apresentando o valor mínimo de 5,79 vol % em 2005 e máximo de 15,12 vol % em 2012. A média

dos valores médios por ano de fabricação foi de 13,7 vol %, com IC (95%) de 1,5vol % e DP de 2,7 vol %.A figura 8 mostra os valores médios das emissões do CO₂ por ano de fabricação com seus intervalos de dispersão, e o valor da média das médias anuais com seu intervalo de dispersão, para baixa rotação.

Figura 8—Dióxido de Carbono emitidos em marcha lenta.

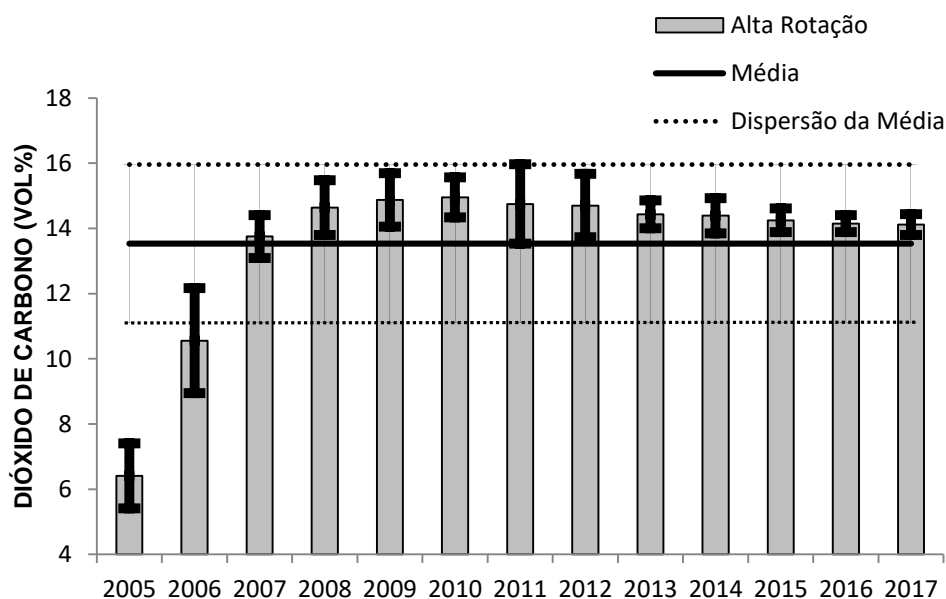


Fonte: o autor.

Observa-se que as emissões médias anuais em relação à média das médias anuais, sofreram crescimento significativo para veículos de 2005 a 2006, não apresentando variação significativa a partir de 2006, devido ao fato do intervalo de dispersão das medias anuais possuírem intersecção com o intervalo de dispersão da média das médias anuais. Comparando veículos de ano 2005 com ano 2017, observa-se um crescimento significativo.

A figura 9 mostra os valores médios das emissões do CO₂ por ano de fabricação com seus intervalos de dispersão, e o valor da média das médias anuais com seu intervalo de dispersão, para alta rotação.

Figura 9—Dióxido de Carbono emitidos em marcha lenta.



Fonte: o autor.

Para alta rotação os valores médios por ano de fabricação apresentam crescimento percentual de 120,3 % apresentando o valor mínimo de 6,41vol % em 2005 e máximo de 14,95 vol % em 2010. A média dos valores médios anuais foi de 13,5 vol %, com IC (95%) de 1,3vol% e DP de 2,4vol %.

Observa-se que as emissões médias anuais em relação à média das médias anuais, sofreram crescimento significativo para veículos de 2005 a 2006 da mesma forma que em baixa rotação. Não apresenta variação significativa a partir de 2006, devido ao fato do intervalo de dispersão das medias anuais possuírem intersecção com o intervalo de dispersão da média das médias anuais. Comparando veículos de ano 2005 com ano 2017, observa-se um crescimento significativo.

Prakash et al (2017) em seu trabalho achou seu resultado curioso. Ele aferiu a concentração de CO₂ de veículos a diesel e do ciclo de Otto. Para os veículos do ciclo de Otto, o CO₂ também foi maior para aos veículos mais novos e menor para os veículos antigos.

Na verdade, esse aumento da emissão de CO₂ representa uma melhoria no processo de combustão dos veículos, já que esse gás é um produto natural de uma reação estequiométrica. Desta forma, em relação a idade do automóvel (ano de fabricação), observa-se que o desenvolvimento tecnológico está contribuindo para a melhoria da queima, reduzindo a emissão de gases tóxicos como os hidrocarbonetos e monóxido de carbono, mas aumentando o dióxido de carbono, emitido naturalmente no processo da combustão. Observa-se que, após crescimento acentuado de 2005 a 2006, houve certa estabilidade. Os valores médios anuais apresentam uma pequena queda de CO₂ para alta rotação, com o passar dos anos. Mas não podemos afirmar que essa redução é significativa pois o intervalo de dispersão das medidas anuais possuem intersecção com o intervalo de dispersão da média das médias anuais. Faz-se necessário mais medidas para confirmar uma possível redução. Uma redução na concentração de CO₂ pode representa uma evolução tecnológica na injeção de combustível, já que uma diminuição da

quantidade de combustível na câmara de combustão reduz a emissão de CO₂ (MILHOR, 2002; HURTADO, 2013). Em baixas concentrações o Dióxido de Carbono apresenta pequena toxicidade, mas em altas concentrações pode causar diversos problemas a saúde (CARVALHO, 2011).

Em relação à quilometragem percorrida, observa-se que os pequenos desgastes das peças do motor para os veículos de baixa quilometragem contribuem para um melhor processo de combustão emitindo menos Hidrocarboneto e Monóxido de Carbono e mais Dióxido de Carbono. Com o crescimento da quilometragem percorrida, as emissões de Hidrocarboneto e Monóxido de Carbono apresentam crescimento, e do Dióxido de carbono, redução. O aumento do desgaste dos componentes do motor faz com que o processo de combustão não aconteça da forma que deveria gerando outros gases e reduzindo o Dióxido de Carbono (CETESB, 2018). Para os automóveis analisados a degradação dos componentes do motor acontece num ritmo maior do que o desgaste dos dispositivos de injeção de combustível, pois houve redução de Dióxido de Carbono. A degradação desses componentes de injeção contribui para um aumento de emissão desse poluente.

5. CONCLUSÃO

As emissões de marcha lenta, para os Hidrocarbonetos e Monóxido de Carbono ,apresentaram uma redução para baixa rotação e para alta rotação. Constatou-se que as medidas de emissão realizadas com automóveis com mesma quilometragem, mas de idades diferentes, também mostraram que os automóveis mais antigos emitem mais Hidrocarbonetos e Monóxido de Carbono. Medidas realizadas nos veículos de mesma idade, mas de quilometragens diferentes, mostraram que os veículos que apresentaram maior quilometragem total percorrida também emitem mais Hidrocarbonetos e Monóxido de Carbono. O principal responsável por esse crescimento é o desgaste dos componentes do motor.

Quanto ao Dióxido de Carbono, os valores médios por ano de fabricação, independentemente de sua quilometragem, para baixa rotação e alta rotação apresentaram um crescimento percentual. Medidas realizadas para o Dióxido de Carbono com automóveis com mesma quilometragem, mas de idades diferentes mostraram que os automóveis mais novos possuem maior taxa de emissão por apresentarem melhor processo tecnológico. Para os automóveis de mesma idade, mas de quilometragens diferentes, houve um crescimento nas emissões para os veículos com menor quilometragem por possuírem menos desgaste do motor.

Era esperado que os valores de emissão por veículo aumentassem com a melhoria no processo de combustão, já que é um componente que naturalmente é eliminado numa combustão perfeita.

A aparente redução das emissões de Dióxido de Carbono apresentada a partir de 2010, por veículo, poderá está associada à redução do consumo de combustível (processo de injeção) através de novas tecnologias que vem sendo desenvolvidas. Mas essa variação não é significativa pois os intervalos de dispersão das medias anuais possuírem intersecção com o intervalo de dispersão da média das médias anuais, com muitos dos anos (2007 a 2017) estado contidos no intervalo de dispersão da média das médias anuais.

Os automóveis mais novos tendem a serem mais econômicos, reduzindo a emissão de todos os componentes inclusive o Dióxido de Carbono (CETESB, 2018). Os motores do ciclo de Otto são máquinas térmicas que naturalmente poluem. O investimento em tecnologia para desenvolvimento de máquinas térmicas melhores é de extrema importância, pois apenas assim, torna-se possível minimizar os níveis de emissão desses componentes. O desenvolvimento em tecnologias automotivas vem sendo

incentivados por programas de transparência, como por exemplo, o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV). Empresas podem aderir ao projeto de forma voluntária. Os fabricantes testam os veículos leves movidos a gasolina, etanol ou GNV (de fábrica), por modelo que serão comercializados, declarando ao INMETRO os valores de consumo de cada combustível. Os modelos participantes são, então, comparados de "A" a "E" dentro de suas categorias. Os valores de consumo e a classificação são informados nas páginas eletrônicas do INMETRO e do Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural. (CONPET) e nas etiquetas afixadas opcionalmente nos veículos pelos fabricantes participantes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biazzini, R. *Jornal da Globo*. **Incentivos fiscais impulsionam recorde de venda de carros em 2012**. Disponível em: <g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2013/01/incentivos-fiscais-impulsionam-recorde-de-venda-de-carros-em-2012.html>. 2013. Acesso em: 20 de out. de 2014.

Borsari, V. **Caracterização das Emissões de Gases de Efeito Estufa por Veículos Automotores Leves no Estado de São Paulo**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

Branco, G. M. e Walsh, M. P. **Controle da poluição dos veículos a Diesel. Uma estratégia para o Progresso no Brasil**. Fundação Hewlett, Rio de Janeiro. 2005.

Carvalho, C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Instituto de pesquisa econômica aplicada, Brasília, 2011.

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**- 2005. São Paulo, SP, 2006.

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Emissões Veiculares**. São Paulo, SP, 2012.

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Emissões Veiculares**. São Paulo, SP, 2018.

CONPET- **Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural. Etiquetagem Veicular**. Disponível em<http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/etiquetagem-veicular.shtml>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

DETRAN-PE. **Departamento Estadual de Transito de Pernambuco**. Disponível em:<<http://www.detran.pe.gov.br/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

DETRAN-SP. **Departamento Estadual de Transito de São Paulo**. Disponível em:<<http://detran.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

Hurtado, D. K.; Souza, A. A. **A evolução do sistema de injeção de combustível em motores ciclo otto: uma análise crítica desde suas implicações no meio ambiente à regulamentação legal no sistema normativo pátrio**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM. v.8. 2013. Disponível em:<<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/revistadireito/article/view/8527#.VHemwzHF8II>>. Acessado em: out. de 2017.

INMETRO- **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**. Disponível em:
<<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acessado em: jul. de 2018.

Kampa, M.; Castanas, E. E. **Human health effects of air pollution**. Environmental Pollution. Volume 151, Issue 2, January 2008, Pages 362-367

Köppen, W. **The Climates of NortAmerica.R. Handbuch der Klimatologie**. Berlim, 1948.

Lacerda, A.; leroux, T.; morata, T. **Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão**. Pró-Fono Revista de Atualização Científica. Barueri (SP), v. 17, n. 3, p. 403-412, set.-dez. 2005.

Lopes, P. A. **Probabilidades e estatísticas**. Rio de Janeiro: Reichmann e Afonso Ed., 2001.

Milhor, C. E. **Sistema de desenvolvimento para controle eletrônico dos motores de combustão interna ciclo de Otto**. Dissertação de mestrado. São Carlos. 2002.

Prakash, J. et al. **On-Road Emissions of CO, CO₂ and Nox from Four Wheeler and Emission Estimates for Delhi**. Journal of Environmental Sciences. Volume 53, Pages 39-47, March 2017

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. Disponível em:<<http://www2.recife.pe.gov.br/a-cidade/conheca-o-recife/>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

Saldiva, P. H. N.; pereira, L.A.A. e Braga, A. **Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana**. Faculdade de Medicina da USP. São Paulo, SP, 1995.

Souza, W. M. **Impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 121 f., Campina Grande-PB,2011.

Souza, W.M., Azevedo, P. V. **Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: Mudanças climáticas ou variabilidade?**.Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia. , v.6, p.462 - 472, 2009.

SUAPE. **Complexo Industrial Portuário Governados Eraldo Gueiros**. Disponível em:
<<http://www.suape.pe.gov.br/news/matLer.php?id=246>>. Acessado em jan 2016.

Teixeira, E. C. et al. **Estudo das Emissões de Fontes Móveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS, Brasil. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 2, 2008. p. 244-248.

Telles, G. R. et al. **Estimativa dos efeitos da Poluição Atmosférica sobre a Saúde Humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo**. Programa de Planejamento de Sistemas Energéticos. 2011.