

Metodologia para Estimativa dos Impactos Ambientais Associados ao Tráfego Veicular Urbano

feam

Fundação Estadual do Meio Ambiente



Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente

Metodologia para Estimativa dos Impactos Ambientais Associados ao Tráfego Veicular Urbano

Belo Horizonte
Fundação Estadual do Meio Ambiente
2015

© 2015 Fundação Estadual do Meio Ambiente
Governo do Estado de Minas Gerais
Fernando Damata Pimentel
Governador

Sistema Estadual do Meio Ambiente – SISEMA
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD
Luiz Sávio de Souza Cruz
Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM
Diogo Soares de Melo Franco
Presidente

Diretoria de Gestão da Qualidade Ambiental – DGQA
Irene Albernáz Arantes
Diretora

Gerência de Monitoramento da Qualidade do Ar e Emissões – GESAR
Flávio Daniel Ferreira – Gerente

Equipe Técnica
Rúbia Cecília A. Francisco
Edwan Fernandes Fioravante
Liliana Adriana Nappi Mateus
Zuleika Stela Chiacchio Torquetti

Diagramação
Jaqueline Angélica Batista

Ficha catalográfica elaborada pelo Núcleo de Documentação Ambiental

F981m Fundação Estadual do Meio Ambiente.
Metodologia para estimativa dos impactos ambientais
associados ao tráfego veicular urbano / Fundação Estadual do
Meio Ambiente. --- Belo Horizonte: FEAM, 2015.
27 p. ; il.

1. Poluição do ar. 2. Poluição veicular. 3. Impacto ambiental.
I. Título.

CDU: 614.7:504.05

SUMÁRIO

5

INTRODUÇÃO

11

ESTIMATIVA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS
DEVIDO AO TRÁFEGO VEICULAR

12

CONTAGEM DO VOLUME DE TRÁFEGO
VEICULAR

16

INVENTÁRIO MUNICIPAL DE FONTES MÓVEIS

22

MODELAGEM DE DISPERSÃO DE POLUENTES
DE FONTES MÓVEIS

25

REFERÊNCIAS

INTRODUÇÃO

O Plano de Controle de Poluição Veicular do Estado de Minas Gerais (PCPV/MG) constitui um instrumento de gestão da qualidade do ar do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) criados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com o objetivo de estabelecer regras de gestão e controle da emissão de poluentes veiculares e do consumo de combustíveis.

A Resolução CONAMA Nº 418/2009, alterada pela Resolução CONAMA Nº 426/2010, definiu que os órgãos ambientais estaduais deveriam elaborar, aprovar, publicar o PCPV e dar ciência do plano aos respectivos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente até 30 de junho de 2011. O Estado de Minas Gerais publicou o seu PCPV em 26 de novembro de 2010. Transcorrido o prazo de três anos estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 418/2009, fez-se necessária a revisão do PCPV, conforme determina o artigo 9º parágrafo único da resolução.

Para atendimento ao proposto na revisão do PCPV, assinada pelo Secretário de Estado do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável em 12 de dezembro de 2014, é primordial a proposição de metodologia que permita estimar, de forma padronizada, os impactos ambientais devido ao tráfego urbano.

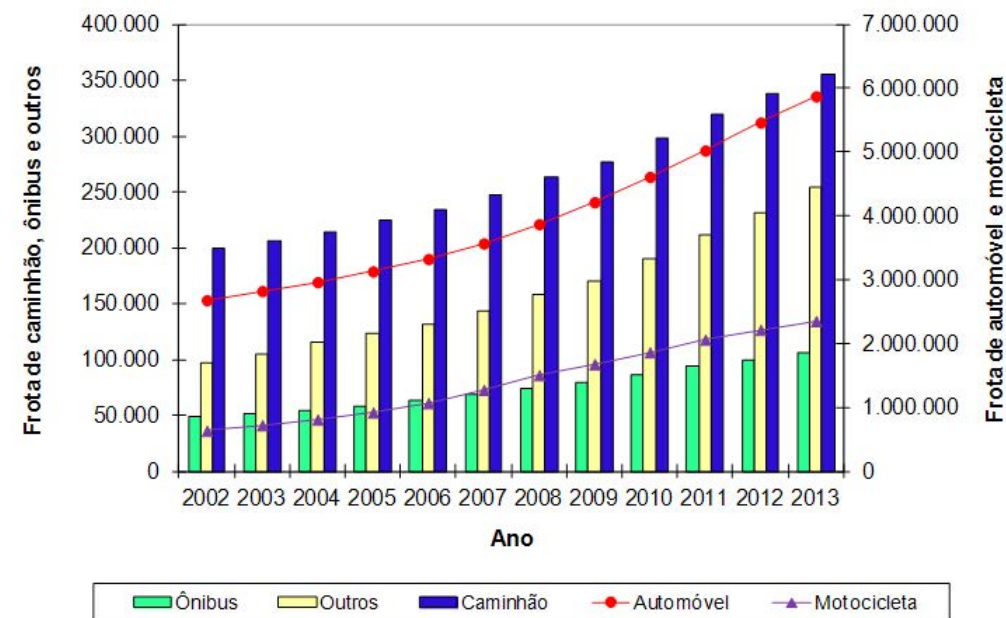
O tráfego de veículos é um dos grandes responsáveis pela degradação da qualidade do ar nos centros urbanos (CARVALHO, 2011). Ainda que os fatores de emissão dos veículos estejam decrescendo, o crescimento da frota circulante e a participação significativa de veículos mais antigos e com tecnologia defasada tendem a reduzir este benefício.



Trânsito em Belo Horizonte, MG

Foto: Flavio Ferreira

Conforme apresentado no estudo “Estimativa da emissão de poluentes por veículos pesados a diesel, Minas Gerais, Brasil – 2007”, a emissão de gases poluentes hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x) é influenciada diretamente pelo tamanho da frota do município; ao passo que, com relação à opacidade, o que mais interfere é a idade média da frota (FIORAVANTE, DUTRA & FIGUEIREDO, 2009). O Gráfico 1 apresenta a progressão da frota veicular de Minas Gerais para o período de 2002 a 2013.



Fonte dos dados básicos: DENATRAN (2013)

Gráfico 1 – Progressão da frota de Minas Gerais por tipo de veículo, 2002 a 2013

No Estado de Minas Gerais, para o período de 2002 a 2012, foi possível observar o crescimento mais acentuado das frotas de automóveis e motocicletas. A frota veicular do Estado em maio de 2013 correspondia a 8.456.118 veículos, sendo que desse total, 65,8% eram automóveis, 4,1% eram caminhões, 1,2% eram ônibus, 26,7% motocicletas e 2,2% foram classificados como outros (FEAM, 2014). Esse padrão de mobilidade baseado no uso intensivo de transporte motorizado individual aumenta a demanda sobre o sistema viário, criando-se condições para que as cidades se espraíem, gerando mais emissões de poluentes (IPEA, 2011). Também foi possível constatar a participação significativa de veículos mais antigos nas frotas dos municípios do Estado.

A distribuição da frota do Estado em maio de 2013 mostra que a frota mais antiga é a de veículos pesados, mais especificamente, a frota de caminhões, dos quais 36% apresentam ano de fabricação anterior a 1988 (ver Gráfico 2). Com relação aos ônibus, base do transporte coletivo de Minas Gerais, tem-se uma maior parcela com ano de fabricação entre 2009 e 2013 (24%), embora ainda haja uma parcela expressiva (46%) com ano de fabricação anterior a 2000. Quanto aos automóveis, tem-se que grande parte (28%) foi fabricada entre 2009 e 2013; entretanto, a proporção de automóveis fabricados antes de 1988 (19%) não pode ser considerada desprezível (FEAM, 2014).

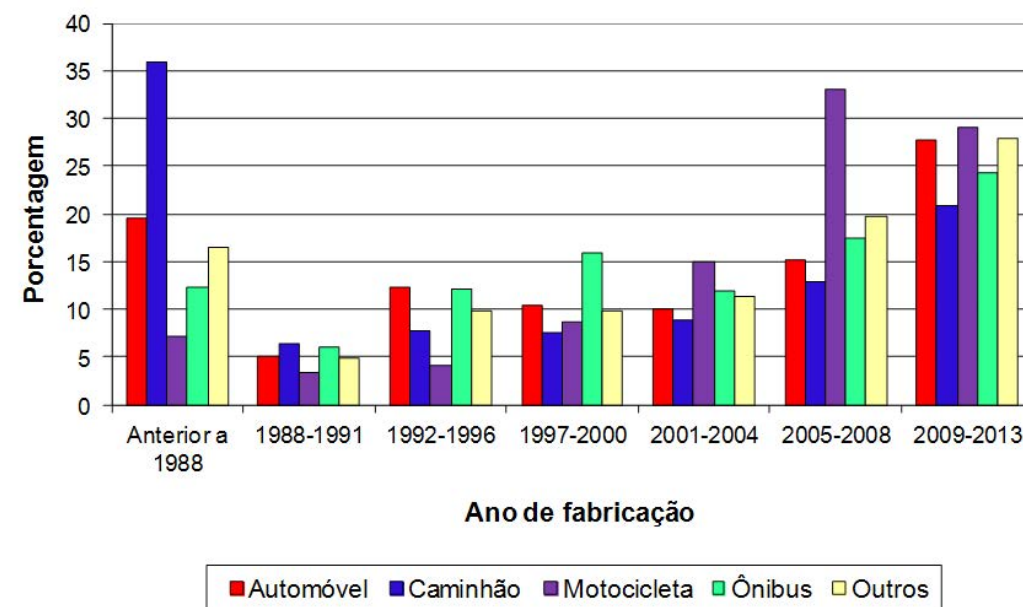


Gráfico 2 – Distribuição da frota de veículos de Minas Gerais por faixa de ano de fabricação e tipo de veículo

Diante deste cenário, o PCPV 2014-2017 considera, como linhas de ação para redução da emissão total de poluentes veiculares, a substituição de veículos antigos por veículos com menor fator de emissão, o investimento em mobilidade urbana e a definição de diretrizes que orientarão a gestão e o controle da poluição do tráfego veicular nas áreas urbanas por meio da aplicação de metodologia que permita avaliar o nível de poluição veicular nessas áreas.

A substituição dos veículos antigos por veículos mais novos garante que a emissão de poluentes será significativamente reduzida. Portanto, acredita-se que essa substituição, concomitantemente ao investimento

em mobilidade urbana, garantirá a redução da emissão de poluentes, tanto pelo menor fator de emissão dos veículos quanto pelo seu uso mais eficiente (FEAM, 2014). Essa variação na emissão poderá ser avaliada a partir da metodologia específica para estimar os impactos ambientais do tráfego veicular.

Conforme apontado por Hasounah e Miller (1994, apud Jacondino & Cybis, 2002) a amplitude dos resultados da aplicação de medidas para a redução da emissão de poluentes de origem veicular nas áreas urbanas com conseqüente melhoria da qualidade do ar e a relação custo/benefício não podem ser avaliadas sem a utilização de modelos para a estimativa de poluentes provenientes do tráfego veicular.

Sendo assim, o objetivo geral do presente documento é apresentar a metodologia para estimar os impactos ambientais do tráfego veicular nas áreas urbanas dos municípios do Estado, permitindo identificar áreas críticas de poluição, além de desenvolver e analisar diferentes cenários futuros dos níveis de poluição no sistema viário, com o mesmo nível de precisão.

Na esfera municipal, essas informações são necessárias para a definição de políticas de gestão e controle da poluição do tráfego veicular no âmbito do planejamento da mobilidade urbana. Portanto, para subsidiar os municípios na elaboração das metodologias aqui propostas, a FEAM fornecerá informações referentes aos fatores de emissão para cada município, além de orientações técnicas adicionais.

Na esfera estadual, parte dessas informações, a ser centralizada pela FEAM em uma única base junto às informações relativas à frota veicular fornecida pelo órgão de trânsito do Estado, é necessária para elaboração do Inventário de Emissão Veicular do Estado de Minas Gerais, o que permitirá avaliar a contribuição de cada perfil de frota no nível estadual e o impacto ambiental devido a substituição de veículos antigos por veículos com menor fator de emissão e dessa forma subsidiar Secretarias de Estado em decisões quanto às políticas de controle de poluição veicular, tais como a renovação de frota e outras políticas que se refiram à frota veicular.

ESTIMATIVA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DEVIDO AO TRÁFEGO VEICULAR

A mensuração da concentração de poluentes atmosféricos gerados pelo tráfego veicular deve ser feita em diversas áreas de um mesmo município, quando não é possível considerar a similaridade dessas áreas devido às características de relevo e, principalmente, devido às características de ocupação do solo urbano (FEAM, 2014). Geralmente, tais mensurações são realizadas por equipamentos importados que apresentam custos elevados tanto para aquisição quanto para a manutenção, dificultando a instalação dos mesmos em diversas áreas de um mesmo município, sendo aconselhável identificar as áreas prioritárias para o monitoramento.

Com base na emissão veicular e características da área urbana, pode-se realizar a simulação computacional da dispersão dos poluentes de origem veicular na atmosfera de forma a estimar as concentrações de poluentes e consequentemente identificar as áreas que tendem a apresentar maiores concentrações. Essa simulação computacional de dispersão dos poluentes de origem veicular é fundamentada em três instrumentos: contagem do volume de tráfego veicular, inventário municipal de fontes móveis e modelagem de dispersão de poluentes de origem veicular, que serão apresentados nos itens a seguir.

CONTAGEM DO VOLUME DE TRÁFEGO VEICULAR

Os dados de volume de tráfego veicular são utilizados para elaboração do inventário municipal de fontes móveis, que constitui uma das entradas necessárias para a simulação computacional da dispersão dos poluentes de origem veicular, e podem ser obtidos através de contagens manuais ou automáticas.

As contagens manuais são feitas por pesquisadores, com auxílio de fichas e contadores manuais. De acordo com o manual de estudos de tráfego elaborado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes (BRASIL, 2006), elas são ideais para a classificação de veículos, análise de movimentos em interseções e contagens em rodovias com

muitas faixas e apresentam as seguintes vantagens: operação simples, custos baixos e alta flexibilidade quanto à mudança de locais para a cobertura de uma área num período curto de tempo.

As contagens automáticas são realizadas por contadores portáteis ou permanentes. Para armazenamento dessas contagens, os contadores devem possuir uma unidade acumuladora de dados, além da unidade captadora que detecta os veículos, através de tubos pneumáticos ou dispositivos magnéticos, sonoros, radar, células fotoelétricas, dentre outros (BRASIL, 2006).

Existem dois locais básicos para realização das contagens: nos trechos entre interseções e nas interseções. As contagens entre interseções tem como objetivo identificar os fluxos de uma determinada via e as contagens em interseções tem como objetivo levantar fluxos das vias que se interceptam e dos seus ramos de ligação (BRASIL, 2006). Nos casos de contagens entre interseções, a localização deve ser bem estudada, no sentido da seção ser representativa do fluxo da via analisada. Para o inventário municipal de fontes móveis e modelagem de dispersão de poluentes, sugere-se que a contagem seja feita preferencialmente nos trechos entre interseções.

A informação sobre volume de tráfego veicular (automóveis, motos, caminhões e ônibus) deverá estar disponível para as principais vias do município de modo que cada bairro seja contemplado, no intuito de obter uma melhor distribuição espacial dessas contagens, considerando as

diferenças intra-urbanas. Deverá ser realizada a contagem do volume de tráfego, selecionando pelo menos um trecho entre interseções que apresente maior porte e fluxo de veículos, sendo que, quando a via for de mão dupla, a contagem deverá ser realizada nos dois sentidos da via.

As contagens deverão ser realizadas em todos os dias de uma mesma semana sempre no horário de 06 às 22 horas de 15 em 15 minutos, em um mês que apresente o tráfego característico da via. Devem ser desconsiderados feriados, datas comemorativas e grandes eventos como feiras que alterem a normalidade dos volumes e fluxos de tráfego. Além disso, deve ser verificada a garantia de tráfego no trecho, quando houver eventos alheios a normalidade da via, como, por exemplo, obras ou qualquer outra operação especial, que cause interrupção ou diminuição do fluxo (DAER, 2010).

Tanto a informação referente à contagem manual quanto automática deverá ser armazenada em planilha eletrônica, respeitando a seguinte ordem: nome da via, latitude e longitude em UTM (Universal Transversa de Mercator) do ponto de contagem, comprimento do trecho da via (em metro), largura do trecho da via (em metro), sentido da via, horário, total de automóveis, total de motos, total de caminhões, total de ônibus, conforme exemplo apresentado na Tabela 1, para cada contagem. Para vias com dois sentidos de circulação, a célula deverá indicar se o sentido é centro-bairro ou bairro-centro.

Tabela 1 – Exemplo de planilha para contagem de veículos

Nome da via	Ponto de contagem		Trecho		Hora	Total de veículos circulantes no trecho			
	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Largura (m)	Sentido		Auto	Moto	Caminhão	Ônibus
Av. Amazonas	606852,85	7795937,56	35	Centro	06:00	85	40	18	22
Av. Amazonas	606852,85	7795937,56	35	Centro	06:15	92	42	19	27
...
Av. Amazonas	606852,85	7795937,56	35	Centro	22:00	15	8	3	9
Av. Amazonas	606845,49	7795960,63	35	Bairro	06:00	42	17	13	20
Av. Amazonas	606845,49	7795960,63	35	Bairro	06:15	47	18	15	29
...
Av. Amazonas	606845,49	7795960,63	35	Bairro	22:00	12	5	9	13

Após a implantação de medidas associadas ao Plano de Mobilidade Urbana, esse procedimento deverá ser repetido para que seja possível analisar os impactos dessas medidas.

As informações sobre contagem de tráfego deverão ser disponibilizadas à FEAM para elaboração do Inventário de Emissão Veicular do Estado de Minas Gerais. Os municípios que já tiverem essas contagens poderão enviá-las em planilha eletrônica para que a mesma possibilite a criação do inventário estadual.

INVENTÁRIO MUNICIPAL DE FONTES MÓVEIS

Um inventário de emissões é um resumo ou previsão das emissões produzidas por um grupo de fontes em um determinado período de tempo. Inventários de emissões de poluição do ar constituem a base para a análise de tendências, modelagem em escala regional e local da qualidade do ar, avaliações de impacto e modelagem de exposição humana (EPA, 2014).

Para calcular a emissão de cada poluente pela frota veicular, a metodologia mais usual propõe combinar: 1) total de automóveis por tipo, combustível e ano de fabricação, 2) fator de emissão de cada poluente dos automóveis novos, 3) fator de deterioração dos automóveis, 4) quilometragem média percorrida por esses automóveis, em função da idade dos mesmos (FIORAVANTE, 2009).

Os inventários municipais de emissão veicular deverão ser realizados, considerando os dados de contagem do volume do tráfego veicular registrados na Tabela 1, possibilitando identificar as diferenças intra urbanas nas emissões derivadas dos veículos. Os poluentes a serem contemplados são: material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos totais (HC).

A emissão será calculada para as vias ou trechos de vias de cada ponto de contagem de veículos, através de equação matemática. Podem ser usados os fatores médios de emissão para veículos em uso que foram apresentados em grama por quilometro no Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo de 2010 (CETESB, 2011), para os tipos de veículos: automóveis, caminhões, ônibus e motocicletas, que constam da Tabela 2.

Tabela 2 – Fatores médios de emissão dos veículos em uso na região metropolitana de São Paulo em 2010

Tipo	Fator de Emissão (g/km)				
	MP	SO _x	CO	NO _x	HC
Automóvel à gasolina	nd	0,07	3,00	0,17	0,17
Automóvel à álcool	nd	nd	12,00	1,12	1,50
Caminhão Leve	0,15	0,13	0,63	3,58	0,20
Caminhão Médio	0,22	nd	0,91	5,15	0,29
Caminhão Pesado	0,19	nd	1,18	6,80	0,31
Ônibus Urbano	0,35	0,02	1,84	10,23	0,51
Ônibus Rodoviário	0,26	nd	1,36	7,75	0,38
Motocicleta gasolina	nd	nd	4,20	0,15	0,82

Nota: Se a contagem de tráfego contemplar todos os tipos de caminhão e ônibus, deve-se utilizar os fatores correspondentes para cada tipo; caso contrário, pode-se utilizar somente os tipos de caminhão e ônibus que sejam mais frequentes na via; nd - significa não disponível.
Fonte: Cetesb (2009, 2011).

Caso seja interesse do município, a FEAM poderá disponibilizar os fatores médios de emissão referentes aos veículos licenciados nesse município, tendo como base os dados disponibilizados pelo Detran de Minas Gerais.

Para calcular o total de material particulado emitido por automóvel movido à gasolina deve ser utilizada a equação a seguir:

$$E_{MP} = FE_{MP} * N_{Ponto} * C_{Via}, \quad \text{Equação 1}$$

onde FE_{MP} é o fator de emissão de material particulado (g/km) para automóvel, N_{Ponto} é o número de automóveis movidos a gasolina¹ e C é comprimento da via ou de cada trecho da via, situada em cada bairro, no qual foi realizada a contagem (km). Para automóveis movidos a álcool, será utilizada a equação 1 com o FE_{MP} correspondente a automóveis movidos a álcool e N_{Ponto} é o número de automóveis movidos a álcool².

A equação 1 será usada ainda para calcular o total de material particulado emitido por caminhão, ônibus e motocicleta, usando os fatores de emissão correspondentes e número de veículos contados na via. Após a obtenção desses 5 totais de emissão de material particulado (automóvel a gasolina, automóvel a álcool, caminhão, ônibus e motocicleta), esses totais serão somados para obter a emissão geral (EG) de material particulado naquele trecho da via, conforme equação 2.

$$EG_{MP} = E_{MP_G} + E_{MP_A} + E_{MP_C} + E_{MP_O} + E_{MP_M}, \quad \text{Equação 2}$$

O procedimento apresentado anteriormente para material particulado deverá ser repetido para o poluente SO_x , utilizando a equação 3 para cada um dos tipos de veículos (automóvel a gasolina, caminhão, ônibus e motocicleta):

$$E_{SO_x} = FE_{SO_x} * N_{Ponto} * C_{Via}, \quad \text{Equação 3}$$

Dessa forma, ao utilizar a equação 3 para cada tipo de veículo (automóvel a gasolina, caminhão, ônibus e motocicleta), ter-se-á 4 totais que deverão ser somados para cálculo da emissão geral (EG) de SO_x naquele trecho da via, pois não há fator de emissão de SO_x para automóvel a álcool, conforme equação 4.

$$EG_{SO_x} = E_{SO_x_G} + E_{SO_x_C} + E_{SO_x_O} + E_{SO_x_M}, \quad \text{Equação 4}$$

O procedimento apresentado anteriormente para SO_x deverá ser repetido para o poluente CO, utilizando a equação 5:

$$E_{CO} = FE_{CO} * N_{Ponto} * C_{Via}, \quad \text{Equação 5}$$

Dessa forma, ao utilizar a equação 5 para cada tipo de veículo (automóvel a gasolina, automóvel a álcool, caminhão, ônibus e motocicleta), ter-se-á 5 totais que deverão ser somados para cálculo da emissão geral (EG) de CO naquele trecho da via, conforme equação 6.

$$EG_{CO} = E_{CO_G} + E_{CO_A} + E_{CO_C} + E_{CO_O} + E_{CO_M}, \quad \text{Equação 6}$$

¹ O número de automóveis movidos a gasolina corresponde ao número de automóveis contados no ponto selecionado multiplicado por 0,8.

² O número de automóveis movidos a álcool corresponde ao número de automóveis contados no ponto selecionado multiplicado por 0,2.

O procedimento apresentado anteriormente para CO deverá ser repetido para o poluente NO_x, utilizando a equação 7:

$$E_{NO_x} = FE_{NO_x} * N_{Ponto} * C_{Via}, \quad \text{Equação 7}$$

Dessa forma, ao utilizar a equação 7 para cada tipo de veículo (automóvel a gasolina, automóvel a álcool, caminhão, ônibus e motocicleta), ter-se-á 5 totais que deverão ser somados para cálculo da emissão geral (EG) de NO_x naquele trecho da via, conforme equação 8.

$$EG_{NO_x} = E_{NO_{xG}} + E_{NO_{xA}} + E_{NO_{xC}} + E_{NO_{xO}} + E_{NO_{xM}}, \quad \text{Equação 8}$$

O procedimento apresentado anteriormente para NO_x deverá ser repetido para o poluente HC, utilizando a equação 9:

$$E_{HC} = FE_{HC} * N_{Ponto} * C_{Via}, \quad \text{Equação 9}$$

Dessa forma, ao utilizar a equação 9 para cada tipo de veículo (automóvel a gasolina, automóvel a álcool, caminhão, ônibus e motocicleta), ter-se-á 5 totais que deverão ser somados para cálculo da emissão geral (EG) de HC naquele trecho da via, conforme equação 10.

$$EG_{HC} = E_{HC_G} + E_{HC_A} + E_{HC_C} + E_{HC_O} + E_{HC_M}, \quad \text{Equação 10}$$

Os resultados das equações de 1 a 10 constituem-se em entradas para o modelo de dispersão de poluentes de origem veicular, devendo ser registrados em planilha eletrônica para facilitar o manuseio dos mesmos, conforme estrutura apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Exemplo de planilha para inventário municipal por via ou trecho da via referente a cada ponto de contagem de veículos

Nome e sentido da via	Coordenadas do início da via (UTM) no bairro		Coordenadas do final da via (UTM) no bairro		Largura da via (m)	Hora	Emissão Geral (EG) em gramas por hora				
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude			MP	SO _x	CO	NO _x	HC
Avenida Amazonas (Centro)	611402	7797331	603795	7794002	35	06					
Avenida Amazonas (Centro)	611402	7797331	603795	7794002	35	07					
...					
Avenida Amazonas (Centro)	611402	7797331	603795	7794002	35	22					
Avenida Amazonas (Bairro)	611402	7797331	603795	7794002	35	06					
Avenida Amazonas (Bairro)	611402	7797331	603795	7794002	35	07					
...					
Avenida Amazonas (Bairro)	611402	7797331	603795	7794002	35	22					

Nota: As siglas MP, SO_x, CO, NO_x, HC significam material particulado, óxidos de enxofre, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos totais, respectivamente.

Se necessário, a unidade da emissão geral para cada poluente pode ser convertida de grama por hora para a unidade grama por segundo, dividindo a emissão geral calculada em grama por hora por 3600.

MODELAGEM DE DISPERSÃO DE POLUENTES DE FONTES MÓVEIS

A utilização de modelos numéricos possibilita estimar a concentração de poluentes e constituem ferramentas importantes para análise do impacto ambiental devido a atividades antrópicas.

O órgão ambiental dos Estados Unidos – EPA (Environmental Protection Agency) disponibiliza um modelo numérico de dispersão de poluente atmosférico denominado AERMOD³ que é indicado para estimar as concentrações de poluentes, tendo como principais entradas: meteorologia⁴, relevo⁵ e características das fontes emissoras de poluentes localizadas na área em estudo. Em se tratando da estimação da poluição de origem veicular nos municípios do Estado de Minas Gerais, sugere-se a utilização do AERMOD pelo fato deste ser o modelo em uso pela Fundação Estadual do Meio Ambiente.

³http://www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm.

⁴ Os dados horários de meteorologia: velocidade e direção do vento, temperatura, umidade, pressão atmosférica e radiação podem ser obtidos na página do Inmet (www.inmet.gov.br). Após se cadastrar na página do Cptec, é possível obter os dados de cobertura de nuvens da primeira camada (oitavos) e altura da base das nuvens na primeira camada (m), acessando METAR e informando o código do aeroporto mais próximo (para Confins, o código é SBCF) e os meses necessários.

⁵ Dados de relevo podem ser obtidos junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da página da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/download/>).

Além do programa principal (AERMOD), há dois pré-processadores (AERMET e AERMAP) que utilizam as informações sobre meteorologia e relevo, respectivamente, sendo que o objetivo principal do AERMET é calcular os parâmetros da camada limite. A série de medições meteorológicas não pode ser inferior a um ano, podendo ser realizada pelo município em local que represente as condições meteorológicas do mesmo ou obtidas junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, caso haja uma estação automática do INMET no município.

As curvas de nível, oriundas de levantamentos topográficos, bem como imagens de sensores orbitais imageadores que possuem atributos altimétricos, são fontes de dados para a obtenção das informações necessárias em quadrículas de 90 por 90 metros.

Os veículos são considerados fontes móveis de emissão de poluentes nesse programa e podem ser representados através de linhas ou áreas que correspondem às vias em que eles trafegam. No programa AERMOD, essas vias são representadas através de um sistema bidimensional de coordenadas cartesianas (latitude e longitude medidas em metro) denominada UTM (Universal Transversa de Mercator). Portanto, as informações: nome da via, latitude e longitude do ponto inicial e final da via em cada bairro, largura da via, taxas gerais de emissão de poluente em gramas por hora para cada via são necessárias para as entradas do AERMOD, conforme apresentado na Tabela 2.

As concentrações dos poluentes em áreas próximas à cada via estimadas através do programa AERMOD possibilitarão identificar áreas críticas de poluição na região estudada e avaliar a contribuição por perfil da frota, que são informações relevantes para proposição de medidas para o controle da emissão de poluentes de origem veicular nas áreas urbanas e consequente melhoria da qualidade do ar.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/publicacoes/723_Manual_Estudos_Trafego.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2015.

CARVALHO, C. H. R. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, abril de 2011.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO - CET. **Boletim Técnico 31– Pesquisa e Levantamento de Tráfego**. São Paulo: CET, [198?]. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/boletins-tecnicos.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2008**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em 02 out. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL- CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2010**. São Paulo: CETESB, 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em 02 out. 2013.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DAER. **Instrução de Serviços para estudos de tráfego.** Rio Grande do Sul: DAER, 2010. Disponível em: <http://www.daer.rs.gov.br/site/normas_publicacoes.php>. Acesso em: 02 out. 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. **Frota de veículos.** Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 07 out. 2013.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY EMISSION - EPA. **Inventory Information & Preparation.** EPA, 2014. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/invntory.htm>>. Acesso em: 09 dez. 2014.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Plano de Controle de Poluição Veicular de Minas Gerais 2014-2017.** Belo Horizonte. FEAM, 2014.

FIORAVANTE, E. F. **Projeção de domicílios por modelo multi-estado e aplicação para previsão da frota de automóveis em Belo Horizonte.** 2009. Tese (Doutorado em Demografia) – Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FIORAVANTE, E. F.; DUTRA, E. G.; FIGUEIREDO, L. V. P. **Estimativa da emissão de poluentes por veículos pesados a diesel, Minas Gerais, Brasil - 2007.** In: IX Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, 2009, Las Palmas de Gran Canaria. IX Congreso Iberoamericano de

Ingeniería Mecánica. Madri (Espanha): Federación Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, 2009.

HASOUNAH, M.; MILLER, E.J. **Modelling Air Pollution from Road Traffic: a Review.** Traffic Engineering and Control, 35(9): 510 – 514, 1994.

INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS - IPEA. **Comunicado IPEA nº 113: Poluição Veicular Atmosférica.** Brasília, 2011.

JACONDINO, G.B; CYBIS, H.B.B. **Avaliação de modelos de emissão de poluentes em simuladores de tráfego.** XVI CONGRESSO DA ANPET. Natal: 2002; (1): 211-22.

