

# **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.**

**Glenda Benita Gonzales Taco**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.  
Av. Independencia s/n Pabellón Arquitectura Administración 2º Piso Arequipa – Peru; Tel: +5154-234220  
[glendataco@gmail.com](mailto:glendataco@gmail.com)

**Yaeko Yamashita e Pastor Willy Gonzales Taco**

Programa de Pós- Graduação em Transportes – PPGT, Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília – UnB. Campus Universitário Darcy Ribeiro. Anexo SG-12, 1º Andar Brasília DF. Brasil. CEP: 70910-900 Fone: (061) 3307-2714

[yaeko@unb.br](mailto:yaeko@unb.br), [pwgtaco@hotmail.com](mailto:pwgtaco@hotmail.com)

## **RESUMO**

O artigo apresenta uma metodologia de caráter estratégico para identificar espacialmente os níveis de emissão de gases derivados dos veículos automotores nas áreas urbanas. A estrutura metodológica utiliza os valores referenciais de emissão de gases de veículos automotores leves de ciclo Otto (CO e NO<sub>x</sub>) expressos em grama por quilômetro rodado (g/km), desenvolvidos por Filizola (2005), em condições reais de operação, considerando como variáveis a idade do veículo, velocidade de operação e cilindrada do motor.

Aplicou-se o estudo de caso da cidade de Brasília, Plano Piloto – DF, Brasil, utilizando os dados de contagem volumétrica dos controladores eletrônicos de velocidade das principais vias e os valores obtidos por Filizola (2005). A metodologia contribui com a identificação espacial dos locais com níveis de emissão veicular crítico, o que possibilita a utilização de estratégias de controle do tráfego de veículos nas áreas urbanas, no intuito de melhorar a qualidade de vida da população.

**PALAVRAS CHAVES:** Poluição do ar, fluxo veicular, sistemas de informação geográfica, valores referenciais de emissão de gases veiculares.

## **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, um grande número de pesquisas divulga que a emissão de poluentes de origem veicular, constitui uma das causas más relevantes no deterioro da qualidade do ar. A poluição do ar vem se intensificado devido ao crescimento urbano desordenado aliado ao aumento acelerado do número de veículos motorizados, tornando-se necessária a adoção de instrumentos que auxiliem na gestão do controle dos seus efeitos no meio ambiente e à população. Embora existam programas de controle das emissões, são escassos os estudos que permitam avaliar espacialmente os níveis de emissão dos veículos em áreas urbanas.

No caso das emissões veiculares, na busca por medidas de controle, é necessário identificar o grau da poluição gerada pelo tráfego nas áreas em estudo, o qual é possível por meio da avaliação da qualidade do ar. Essa avaliação, muitas vezes realizada por meio da gestão ambiental, depende fortemente das condições sócio-ambientais e, principalmente, da caracterização espacial da poluição do ar. Assim a poluição é um problema com uma dimensão espacial bem característica, e o seu entendimento em relação à via e o fluxo veicular, tornam-se prioritárias. As experiências no gerenciamento da qualidade do ar priorizam a obtenção dos níveis de emissão veicular, sua representação, análise e modelagem espacial, por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Nesse contexto, o presente trabalho desenvolveu uma metodologia de caráter estratégico para identificar espacialmente os níveis de emissão de gases derivados dos veículos automotores nas áreas urbanas. Na estrutura metodológica, utilizaram-se os valores referenciais de emissão de gases de veículos automotores leves de ciclo Otto (monóxido de carbono – CO e óxidos de nitrogênio - NO<sub>x</sub>) desenvolvidos por Filizola (2005), em condições reais de operação, considerando como variáveis a idade do veículo, velocidade de operação e cilindrada do motor. Esses valores referenciais são expressos em grama por quilômetro rodado (g/km), o que facilita a avaliação dos padrões de emissão e com isso quantificar e qualificar como os níveis de emissão estão afetando à população.

É necessário lembrar que a abordagem de utilização dos valores referenciais de emissão veicular é pioneira no Brasil, e que a presente pesquisa dá prosseguimento às pesquisas desenvolvidas pelo Laboratório de Monitoramento e Controle Ambiental em Transportes (LaMCAT) do Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU), Universidade de Brasília (UnB), Brasil.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia desenvolvida por Gonzales (2006) considera como variáveis principais os fluxos de veículos nas vias e valores referenciais de emissão veicular do Brasil, obtidos por Filizola (2005). A metodologia inclui a geração de mapas de níveis de emissão dos gases derivados de veículos automotores, utilizando o SIG. Na estrutura metodológica delimitaram-se sete etapas, apresentadas no fluxograma da Figura 1 e descritas a seguir.

### **2.1 Delimitação da área de estudo (1ª Etapa)**

Nessa etapa, é delimitada e caracterizada a área de estudo. Considera-se a localização e as características da cidade (história, localização de estações de monitoramento, configuração espacial, sistemas de transporte, sistema viário), a fim de identificar e determinar a

abrangência do problema da poluição veicular. A metodologia proposta tem como fim subsidiar estudos estratégicos. Sendo assim, a área de estudo deve contemplar as vias principais do sistema viário.

## **2.2 Identificação do fluxo de veículos (2<sup>a</sup> etapa)**

No planejamento do transporte, o fluxo de veículos é usado principalmente como suporte à tomada de decisão em um nível tático-estratégico, destinando-se geralmente à classificação funcional das vias, na alimentação e calibração de simuladores e modelos de previsão de demanda, em estudos de origem-destino, dentre outros (Oliveira, 2004).

Na metodologia proposta, no referente às emissões de poluentes, a principal variável de estudo é o fluxo de veículos. Sendo que, o nível de poluentes num determinado ponto de contagem do fluxo de veículos numa seção de faixa ou via será função do volume total de veículos que passam durante um dado intervalo de tempo. Uma informação detalhada que descreva e caracterize o fluxo de veículos permite identificar as características e a quantidade de veículos que emitem poluentes atmosféricos. Todavia, é importante determinar o comportamento do fluxo de tráfego e suas variações no tempo e espaço com relação à emissão.

Desse modo, a partir da delimitação da área de estudo, devem ser identificadas as características da frota veicular e a variação do fluxo de veículos, conforme especificado a seguir:

### **Caracterização da frota de veículos**

A metodologia objetiva identificar a composição, o tamanho e a idade da frota veicular como principais variáveis na determinação das emissões veiculares. O tamanho da frota refere-se à quantidade de veículos que circula pelas vias da área em estudo. A finalidade é conhecer a representatividade do fluxo de veículos da área em estudo com relação à frota existente em um âmbito espacial maior, tais como municipal, estadual, nacional ou internacional. A composição da frota veicular refere-se ao tipo de veículo que compõe o fluxo veicular. Isto permite conhecer a distribuição do fluxo de veículos quanto à categoria veicular (automóvel, caminhonete, caminhão, ônibus, motocicleta, microônibus, reboque, semi-reboque, outros) e quanto ao tipo de combustível utilizado (gasolina, álcool, gasolina/álcool, diesel, outros); e a idade da frota (tempo de uso do veículo). Dessa forma, pode-se determinar com maior precisão a contribuição das emissões segundo o tipo de veículo que circula nas vias.

### **Caracterização do tráfego de veículos**

Para determinar a emissão, é necessária a obtenção de informações que descrevam o tráfego de veículos, como o volume e velocidade do tráfego nas vias em estudo. Identificar o volume de tráfego em suas variações temporais é fundamental para o estudo das emissões de poluentes nas vias. A variação temporal do fluxo de veículos, em sistemas viários urbanos, é influenciada diretamente pela dinâmica das atividades urbanas. O volume de tráfego ao longo de uma seção da via está sujeito a muitos fatores de variação. As variações podem ser predeterminadas pelo período do dia, dia da semana, feriados ou segundo as características geométricas e funcionais da via. Além disso, variações não predeterminadas tais como as condições de tempo ou ocorrência de incidentes nas vias, podem afetar o fluxo de veículos.

A metodologia proposta por Gonzales (2006), considera o volume de tráfego nas diferentes formas de variação temporal e a velocidade do tráfego como variáveis determinantes na avaliação das emissões de poluentes veiculares.

### **2.3 Levantamento de dados do fluxo de veículos (3ª Etapa)**

Para obter o fluxo de veículos nas vias, é preciso realizar um levantamento de dados. Cabe ressaltar que, para a realização dessa etapa, as variáveis do fluxo de veículos a estudar devem ser definidas categoria veicular, variação temporal do fluxo de veículos (como por exemplo, dia típico, hora típica, etc.) para evitar falta de dados ou erros na coleta, assim como a disponibilidade de instrumentos ou meios para a obtenção dos dados, a fim de evitar custos desnecessários e perda de tempo.

O levantamento de dados deve ser obtido por meio das diferentes formas de contagem volumétrica, como as recomendações por Akishino (2006): contagem volumétrica manual, contagem mecânica, contadores mecânicos permanentes, etc. A metodologia utiliza a contagem do fluxo de veículos por instrumentos eletrônicos de monitoramento localizados nas vias, como os radares dos controladores eletrônicos de velocidade (pardais), implantados no Brasil.

### **2.4 Montagem do banco de dados geográfico (4ª Etapa)**

Uma vez obtida a informação dos fluxos de veículos por meio das diversas formas de contagem volumétrica, esses dados devem ser classificados, organizados e analisados em função da variação temporal analisada (dia, hora, semana, mês, ano, etc.).

Nessa etapa realizam-se dois processos paralelos: o primeiro é a elaboração do banco de dados do fluxo de veículos e o segundo é a elaboração da base geográfica, com o objetivo de facilitar a localização na consulta de dados das diferentes vias da área de estudo. Observa-se, no fluxograma da Figura 2, o processo dessa etapa.

### **2.5 Determinação da emissão veicular (5ª Etapa)**

A quantificação das emissões veiculares nas vias será determinada em função da caracterização da frota veicular, do tráfego de veículos e dos fatores de emissão para os poluentes em estudo (CO e NO<sub>x</sub>).

#### **Fluxo de veículos**

Do volume total obtido em cada ponto de contagem do fluxo de veículos nas vias em estudo, pode-se obter a proporção de veículos em função de: categoria veicular, tipo de combustível e idade. Por exemplo, do volume total de veículos obtidos na contagem, deve-se calcular a porcentagem de veículos leves movidos a gasolina, veículos pesados, etc. A distribuição permitirá a aplicação do fator de emissão para essa proporção de volume calculado e, assim, determinar a quantidade de poluentes emitidos nas vias.

#### **Fatores de emissão**

A metodologia propõe que os fatores de emissão sejam caracterizados com base na distância percorrida (em g/km) e determinados para cada categoria de veículos, tamanho, idade e tipo

de combustível, sob situações de tráfego diversas (velocidade). Aplicando esses fatores de emissão aos volumes de tráfego medidos e considerando as diferentes categorias de veículos, é possível obter a quantidade de poluentes emitidos na via em estudo.

O objetivo principal deste item é enfatizar a necessidade de utilização de parâmetros reais do tráfego e dos fatores de emissão dos veículos brasileiros, demonstrando que a utilização de modelos e fatores estrangeiros podem gerar previsões muito distantes da realidade. Dessa forma, na metodologia propõe utilizar os valores referenciais de emissão de gases para veículos automotores a gasolina (ciclo Otto), obtidos por Filizola (2005), os quais representam as condições reais das cidades brasileiras. Ressalta-se que os valores obtidos por Filizola (2005) representam um tipo de veículo leve em condições reais de operação, avaliando o comportamento do veículo segundo o ciclo de condução, as características da via, modo de condução do veículo e funcionalidade do catalisador.

A proposta metodológica (Gonzales, 2006) utiliza esses valores (CO e NO<sub>x</sub>) para a estimação das emissões para a categoria de veículos leves movidos a gasolina, apresentados na Tabela 1. Ressalta-se que, os valores referenciais de emissão veicular obtidos por Filizola (2005) podem ser aplicados a quaisquer das cidades do Brasil, já que o ciclo de condução representa as condições reais de operação do veículo leve a gasolina. Neste trabalho serão aplicados os fatores de CO e NO<sub>x</sub> por serem regulamentados no país.

#### **Valores referenciais de emissão de CO e NO<sub>x</sub> obtidos por Filizola (2005)**

Existem diferenças metodológicas para a determinação dos padrões de emissão veicular. As experiências internacionais possuem seus próprios ciclos de condução e metodologias de cálculo das emissões veiculares, determinando uma diferença entre os valores calculados. Do mesmo modo, as próprias características da frota veicular e o combustível utilizado influenciam nesses valores.

No Brasil, a estimação das emissões veiculares existentes é baseada em modelos de emissão veicular, utilizando os padrões de emissão da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, o qual não reflete a realidade das cidades brasileiras por ser modelos adaptados de uma realidade estrangeira. Osses *et al.* (2001), afirma que os modelos de emissão de gases emitidos por fontes móveis (veículos), em áreas urbanas, requerem informação detalhada a qual descreva a atividade do tráfego na área de estudo. Um adequado processamento dessa informação permite calcular as emissões associadas com a atividade do transporte, utilizando fatores de emissão que permitem conhecer a massa do poluente por quilômetro percorrido (g/km), a partir do tipo de veículo, e a velocidade média do percurso para as diferentes categorias veiculares.

Para a obtenção desses valores, Decicco e Thomas (1998) afirmam que as medições em laboratório das emissões veiculares possuem pouca relação com as emissões reais do veículo em uso, em função de diversos fatores, elevando os resultados médios de 2 a 4 vezes mais do que os valores nominais estabelecidos pelo padrão (g/km), dependendo do gás analisado (CO ou NO<sub>x</sub>).

No Brasil, não existem estudos que comprovem esta estimativa, por conseguinte, os valores de outras realidades não devem ser utilizados para tal, pois Faiz *et al.* (1996), afirmam que as emissões de gases dos veículos variam em função de alguns fatores como: características da frota e sua conservação, tipo do motor e tecnologia adotada, tipo e composição do

combustível, sistema viário e o modo de operação do veículo. Essas diferenças podem invalidar estudos realizados com valores de outras realidades. Deste modo, é difícil estimar quanto os veículos estão realmente poluindo o ar, pois os valores, para simular as emissões nas condições reais de operação, são baseados segundo a experiência internacional.

Nesse sentido, existem estudos que se aproximam mais da realidade e permitem, de acordo com a dinâmica das cidades, avaliações constantes do cenário urbano, como a metodologia desenvolvida por Vaz de Melo (2004), a qual permite medir a emissão de poluentes em %vol e quantificá-la em g/km, permitindo a realização dos ensaios em condições reais de operação do veículo (nas vias); e, os valores referenciais de níveis de emissão veicular obtidos por Filizola (2005).

Para obtenção dos valores referenciais de emissão de CO e NO<sub>x</sub>, Filizola (2005), aplicou e aprimorou a metodologia desenvolvida por Vaz de Melo (2004). Filizola (2005) realizou os ensaios para aferir as emissões de um veículo operando em condições reais de operação (ver Figura 3 a disposição no veículo-teste dos sistemas utilizados), tendo como critério o veículo teste e os locais para a realização dos ensaios, processo descrito a seguir:

Para a realização dos ensaios, o veículo teste adotado nos ensaios foi um veículo leve (categoria automóvel, representando 79,81 % da frota nacional de veículos), compacto (34,59 % da frota) e a gasolina (81,39 % da frota), de acordo com ANFAVEA (2005), FENABRAVE (2005) e DENATRAN (2005). Filizola (2005) realizou os ensaios com o veículo teste em condições reais de operação, com o motor pré-aquecido. Analisou o comportamento do veículo-teste em quatro estudos paramétricos, os que influenciam as emissões veiculares:

- 1) Ciclo de condução: foram concebidos quatro ciclos de condução que permitiram avaliar a influência do percurso e velocidade média nas emissões. Com os resultados obtidos se conseguiu inferir que, os padrões de emissão obtidos são totalmente dependentes do tipo do ciclo de condução utilizado, e, se um veículo percorre um trecho com velocidades baixas, acelerando e desacelerando constantemente, caracterizando condições desfavoráveis ao tráfego, terá suas emissões aumentadas entre 2 a 5 vezes, dependendo do gás analisado.
- 2) Via: estimaram-se as emissões em função das características do tipo de via, classificadas de acordo com o Sistema Viário Nacional na modalidade rodoviária, sendo via expressa primária, arterial primária, arterial secundária comercial e arterial local. Este parâmetro permitiu inferir que, em 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.
- 3) Modo de condução do veículo: caracterizou-se dos perfis de condutores, um primeiro denominado “condutor defensivo” que conduz mantendo velocidades estáveis, obedecendo aos limites da velocidade da via, com acelerações e desacelerações suaves; e um segundo denominado “condutor agressivo” que dirigisse mantendo velocidades elevadas, com acelerações e desacelerações bruscas. Os resultados permitiram inferir que, deve ser esperado um acréscimo entre 1,8 e 3,4 vezes nas emissões veiculares na mudança de um modo de condução defensivo para o agressivo, segundo o poluente analisado.

4) Funcionalidade do catalisador: considerou-se a emissão quando o catalisador é antigo (a quilometragem é superior 80 mil km, vida útil estabelecida por PROCONVE), quando o veículo teste utiliza o catalisador novo (original de fábrica) e quando não utiliza catalisador. Com os resultados do ensaio inferiu-se que, um veículo sem catalisador tem as emissões fortemente aumentadas quando comparado a um veículo com catalisador novo, esperando acréscimos entre 3,9 e 29 vezes nas emissões de poluentes, de acordo com o poluente analisado.

Para determinar os valores referenciais de emissão de poluentes Filizola (2005), avaliou os resultados dos ensaios, compreendidos de um desvio em torno de um valor médio (índices médios de emissão para cada poluente). Dessa forma, todos os índices médios de emissão obtidos durante os ensaios, mais os obtidos por Vaz de Melo (2004), utilizaram-se para compor os cenários que representariam grande parte da frota brasileira (veículos leves 1000 e compactos com 64,82% da frota nacional de veículos).

Na determinação dos valores referenciais de emissão de poluentes, foi utilizada a estatística descritiva, obtendo um valor médio a partir da amostra dos ensaios realizados. O valor médio do intervalo foi utilizado para compor os cenários denominados: normal, pessimista e otimista. O cenário otimista refere-se a uma situação que considera veículos novos, em bom estado de conservação e boas condições de tráfego. O cenário pessimista considera veículos antigos, com má conservação e condições adversas de circulação nas vias. O cenário normal considera uma situação intermediária entre os dois primeiros cenários considerados (Filizola, 2005). Dessa forma, como se apresenta na Tabela 1 obtiveram-se valores referenciais do nível de emissão de CO, NO<sub>x</sub> (gases regulamentados pelo PROCONVE), para veículos automotores leves do ciclo Otto.

Nesse sentido, esta pesquisa propõe utilizar os valores referenciais de emissão de CO, NO<sub>x</sub>, obtidos por Filizola (2005), para determinar a emissão veicular nas áreas urbanas, por serem valores os quais simulam a dinâmica das cidades brasileiras. Como visto, foram avaliados os fatores de emissão que influenciam nas emissões, baixo condições reais de operação no fluxo de tráfego de qualquer cidade brasileira, o que facilita sua aplicação.

### **Cálculo das emissões**

A emissão total nas vias será calculada para cada poluente em função do número de veículos em um período de tempo estudado (15 minutos, hora, dia, etc.). Esses cálculos não se referem aos níveis de poluição altos ou baixos, servindo apenas para a detecção das condições críticas de emissão e suas relações com a contagem de tráfego.

Na estimação da emissão,  $FE_i$  é o fator de emissão do poluente  $i$ , que pode ser o CO ou NO<sub>x</sub>. Esse fator de emissão deve corresponder à categoria do veículo, tipo de combustível e ano de fabricação. Tendo os fatores de emissão dos respectivos poluentes nas condições estabelecidas a estudar, determina-se a emissão para a via. A emissão total calculada na via será expressa em g(t)/km (gramas pelo período de tempo  $t$  por km de via). Como exemplo, para um período de tempo  $t$  equivalente a uma hora, a emissão será expressa em g.h/km (gramas por hora por km de via).

A quantificação das emissões será calculada aplicando a Equação 1. Na equação,  $FE_i$  representa o fator de emissão (g/km) do poluente  $i$  e  $N_{jt}$  é o fluxo de veículos na via ou ponto de contagem  $j$ , em um período de tempo  $t$  expresso em veículo/h, veículo/dia, veículo/mês,

etc.  $E_{ijt}$  é a quantidade emitida do poluente  $i$ , durante o período de tempo  $t$  de estudo de uma determinada via  $j$ .

$$E_{ijt} = FE_i \times N_{jt} \quad (1)$$

## 2.6 Representação Espacial dos Níveis de Emissão (6ª Etapa)

Construída a base de dados geográficos e tendo os valores calculados dos níveis de emissão veicular, devem os mesmos ser representados espacialmente. Após da definição do modo de representação espacial das emissões veiculares, criam-se mapas temáticos de emissão por meio do SIG para cada poluente em estudo. Estabelecem-se cenários de emissão que representem as diversas condições e variáveis de estudo (tempo, velocidade, tipo de combustível, etc.). Os cenários criados para os poluentes em estudo (CO e NO<sub>x</sub>) são: cenário otimista, cenário pessimista e cenário normal.

- **cenário otimista** refere-se a uma situação que considera veículos novos, em bom estado de conservação e boas condições de tráfego;
- **cenário pessimista** considera veículos antigos, em má conservação e condições adversas de circulação nas vias;
- **cenário normal** considera uma situação intermediária, veículos novos e velhos em condições normais de tráfego.

## 2.7 Identificação dos Níveis Críticos de Emissão (7ª Etapa)

Realizada a representação espacial da emissão e criação de cenários, identificaram-se os níveis críticos de emissão dos poluentes derivados por veículos automotores nas vias urbanas em estudo. As informações geradas possibilitam identificar a localização e análise das máximas emissões veiculares. A análise das áreas com máximos níveis de emissões permite determinar áreas de risco como elementos fundamentais no planejamento dos transportes e no controle da poluição do ar em áreas urbanas.

## 3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Com objetivo de validar a metodologia aplicou-se o estudo de caso da cidade de Brasília, Plano Piloto – DF, Brasil. O Distrito Federal é formado pelo Plano Piloto (Brasília) e as cidades satélites. No Plano Piloto, as ruas e avenidas, em geral, são largas, bem conservadas e com relativa fluência no tráfego dos veículos que vem das cidades satélites, aumentando o fluxo veicular nos horários picos.

Ainda que com avenidas largas e bom fluxo de tráfego, ao longo do tempo vêm-se experimentando consideráveis congestionamentos em função do constante aumento da frota de veículos que circulam na cidade. Verifica-se que, em 1995, o Distrito Federal possuía uma frota de veículos registrados no Departamento de Trânsito – DETRAN de 436.000 automóveis. Após 11 anos, essa frota cresceu 88%, alcançando a marca de 821.352 automóveis. Esse aumento significativo de veículos, no Distrito Federal, reflete diretamente no aumento de congestionamentos das principais vias e, conseqüentemente, na emissão de gases poluentes na atmosfera.

Em função disso, na primeira etapa, delimitou-se as principais vias de estudo no Plano Piloto, sendo: Eixo Monumental, Eixo Rodoviário (Rodovia Estadual DF-002), Avenida W3 e Avenida L2. A Figura 4 mostra o mapa do Plano Piloto – DF e as principais vias.

Para a identificação do fluxo veicular, como segunda etapa, caracterizou-se a frota nacional (Brasil) segundo o tamanho, composição, tipo de combustível e idade da frota. Dessa caracterização da frota de veicular brasileira, definiu-se 71,83% da frota do DF, sendo uma amostra representativa para estimar os dados do fluxo de veículos para cálculo das emissões no (Plano Piloto), sendo automóveis movidos a gasolina (ciclo Otto), com idade superior a 5 anos.

Na terceira etapa, coletou-se o fluxo de veículos das vias em estudo. Para a realização desse estudo, foram coletados dados de fluxo de veículos de 82 controladores eletrônicos de velocidade, 27 radares fixos – DTR (pardais) e 55 radares eletrônicos de avanço de sinal – ASV (registradores de infrações em semáforos), situados na rede viária do Plano Piloto, fornecidos pelo Departamento de Trânsito do Distrito Federal – DETRAN – DF. A Figura 5 demonstra a distribuição espacial desses equipamentos.

Os radares dos controladores eletrônicos de velocidade medem o fluxo de veículos a cada 15 minutos. Essa contagem volumétrica é classificada por porte veicular e velocidade. Para analisar a variabilidade do fluxo de tráfego nos locais em que dispusesse de controladores eletrônicos, foram realizadas as análises segundo a variação temporal do fluxo veicular: variação mensal, semanal, diária e horária. Para definir o volume de tráfego na variação mensal e semanal, optou-se por utilizar a contagem total de cada controlador de velocidade, sem considerar a classificação por categoria veicular, com o intuito de estudar o comportamento de tráfego em sua totalidade. Assim, identificou-se o mês e dia típico no estudo das emissões veiculares (14 de Abril), e as horas pico (8:00-9:00h; 12:00-13:00h y 18:00-19:00h), o que representa o maior fluxo veicular nesse período de estudo no Plano Piloto, no ano 2004, como apresentado na Figura 6.

Na quarta etapa, o banco de dados dos fluxos veiculares foi elaborado em planilhas de trabalho do Microsoft Excel (\*.xls), pois este software permite trabalhar com arquivos de tipo Database (\*.dbf), permitindo também sua integração com os softwares do SIG disponíveis no mercado, bem como os utilizados no trabalho – TransCad e Arcview.

A base geográfica está constituída pela rede viária do Plano Piloto, onde foram georeferenciados os pontos de contagem dos fluxos veiculares. A rede viária foi elaborada no TransCAD, definindo como vias principais para o estudo a Avenida L2, a Avenida W3, o Eixo Monumental e o Eixo Rodoviário. A base geográfica foi elaborada no software ArcView, composta pelo cruzamento do banco de dados dos fluxos de veículos e a base geográfica. O banco de dados permite a atualização contínua das informações geradas, garantindo maior precisão. Por meio da projeção e sobreposição das informações escolhidas sobre a base geográfica, foram elaborados os mapas temáticos a respeito da poluição veicular.

Na quinta etapa determinou-se a emissão veicular em função da caracterização do fluxo veicular, da frota veicular e dos fatores de emissão (CO e NO<sub>x</sub>). Os cálculos foram obtidos das fórmulas apresentadas na metodologia proposta. Os valores obtidos são expressos em g/hora por km de via. Ressalta-se que o fator de emissão utilizado para cada poluente (CO e NO<sub>x</sub>) representa as condições de tráfego normais, determinado por Filizola (2005), o que pode ser aplicado a qualquer cidade do Brasil (sem considerar a altitude).

Para a representação espacial dos níveis de emissão do CO e NO<sub>x</sub>, consideraram-se os pontos de contagem dos controladores de velocidade como pontos de emissão, por não apresentarem dados das interseções, assumiu-se que a variação da emissão se apresenta nesses pontos. O cenários representados é o normal, demonstram a emissão dos poluentes emitidos por automóveis a gasolina nas diferentes horas típicas de estudo (8:00-9:00h; 12:00-13:00h e 18:00-19:00h), como apresentado na Figura 7.

Como última etapa, identificou-se os níveis críticos de emissão para CO y NO<sub>x</sub>. Conforme o analisado na Figura 7, a emissão do CO, originados pelos automóveis movidos a gasolina, identificou que, no horário-pico da manhã (08:00-09:00h) e na hora-pico da tarde (18:00-19:00h), apresentaram-se emissões máximas. No caso do NO<sub>x</sub>, as emissões máximas se apresentaram nos horários-picos 12:00-13:00h e 18:00-19:00h.

A representação espacial dos níveis de emissão veicular permitiu identificar, visualmente, os pontos de máxima emissão do CO e NO<sub>x</sub> no Plano Piloto. Dessa forma, identificou-se que o Eixo Monumental, o Eixo Rodoviário e a estrada do Setor Policial Sul apresentam máximos níveis de emissão do CO e NO<sub>x</sub>, em comparação com outras vias que compõem o sistema viário do Plano Piloto. Isto ocorre devido ao alto volume de veículos nessas vias, produzidas pela movimentação da população das cidades satélites para o Plano Piloto, onde se concentram as atividades comerciais, culturais e administrativas do DF. O alto volume de veículos nessas vias pode gerar uma menor velocidade média, provocando congestionamentos, e, por conseguinte, maiores níveis de poluição veicular.

Como determinado no estudo, o sistema viário do Plano Piloto apresenta vários pontos críticos devido ao grande fluxo de veículos que vem das cidades satélites, entre outros fatores. Isso requer um tratamento prioritário, visto que o aumento da frota de veículos particulares, associados com a falta de manutenção, provoca emissões visivelmente sentidas pela população.

#### **4. CONCLUSÕES**

A presente metodologia proposta por Gonzales (2006) é de caráter estratégico, a qual se caracteriza por ser uma proposta que permite a utilização de um menor número de dados (fluxo veicular e fatores de emissão), sendo representativos e amplamente referenciados na literatura. Recomenda-se que uma aplicação bem sucedida da metodologia deva estar precedida de um correto entendimento e formulação do problema da poluição veicular a ser tratado, que os dados sejam quantitativamente e qualitativamente confiáveis e que a utilização de procedimentos nos SIG seja adequadamente válida para interpretação dos resultados.

A aplicação da metodologia proposta (Gonzales, 2006), utiliza os valores referenciais de emissão veicular de CO e NO<sub>x</sub>, obtidos por Filizola (2005), estes valores foram obtidos em condições reais de operação, o que permite a aplicação desses fatores em diferentes cidades brasileiras Para isto, a aplicação desses valores, deve considerar o ciclo de motor e as condições estudadas por Filizola (2005). Constatou-se, mediante o estudo de caso, que a metodologia proposta possui grande viabilidade de aplicação em outros locais em que se necessite realizar análises dos níveis de emissão do CO e NO<sub>x</sub> derivados de automóveis movidos a gasolina.

A estrutura metodológica atende a urgente necessidade de um instrumento sistêmico de utilidade para gestores e planejadores. Essa opção metodológica procura sua utilização em cidades de pequeno e grande porte, considerando que, em geral, os dados e informações necessárias para sua implantação, em parte, são possíveis de se obter.

A metodologia contribui para a identificação espacial dos locais com níveis de emissão veicular crítico, o que possibilita um melhor entendimento e utilização de estratégias de controle do tráfego de veículos nas áreas urbanas, no intuito de melhorar a qualidade de vida da população.

Por tanto, a metodologia serve como ferramenta as autoridades ambientais, de trânsito e de planejamento urbana, para a construção de mecanismos de prevenção e controle das emissões produzidas por o parque automotor.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akishino, P. (2006) *Estudos de Tráfego*. Apostila do Curso de Graduação em Engenharia Civil–Universidade Federal do Paraná (UFPR). PR.

ANFAVEA (2005). *Anuário Estatístico da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – 2005*. <http://www.anfavea.com.br/anuarioestatistico>. Último acesso em 2005.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (2005). *Frota de Veículos por Ano de Fabricação segundo as Regiões e Unidades de Federação – Setembro de 2004*. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/estatisticas>.

Decicco, J. and Thomas, M. (1998). *Rating the Environmental Impacts of Motor vehicles: The green Guide to Cars and Trucks Methodology*, 1998 Edition. American Council for an Energy – Efficient Economy, Washington, D.C.

Faiz, A., Weaver, C.S. and Walsh, M. P. (1996). *Air pollution from motor vehicles: standards and technologies for controlling emissions*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C.

FENABRAVE – FEDERAÇÃO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (2005). *Semestral da Distribuição de Veículos Automotores no Brasil – 2004*. São Paulo. SP.

Gonzales G.B.T. (2006). *Desenvolvimento de uma metodologia para identificar espacialmente os níveis de emissão de gases derivados de veículos automotores nas áreas urbanas*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

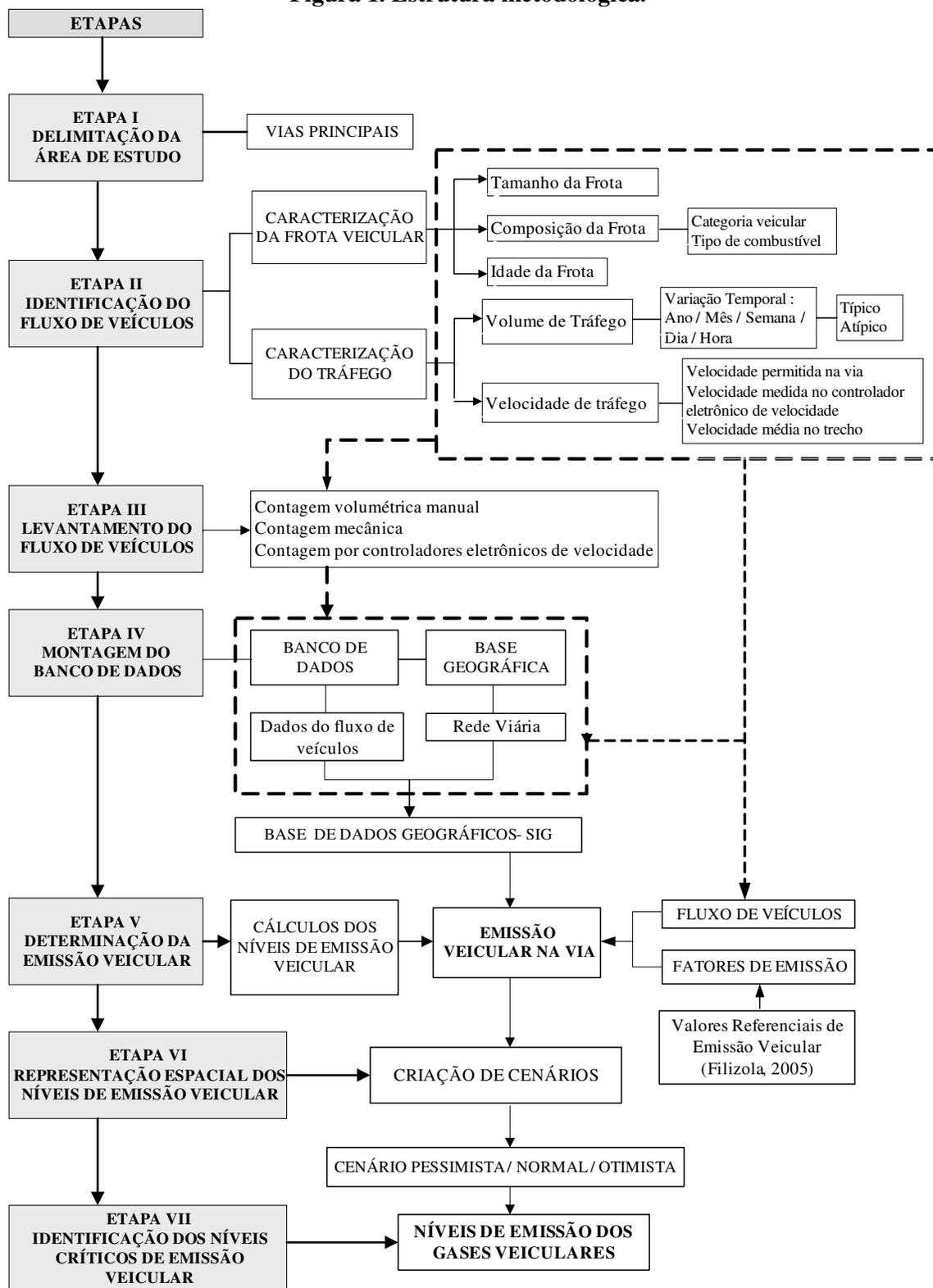
Filizola, I. M. (2005). *Identificação de valores referenciais do nível de emissão de gases veiculares automotores leves do ciclo Otto*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF.

Oliveira, M. V. T. (2004). *A Natureza dos Padrões de Variação Espaço-Temporal do Volume Veicular em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Fortaleza*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

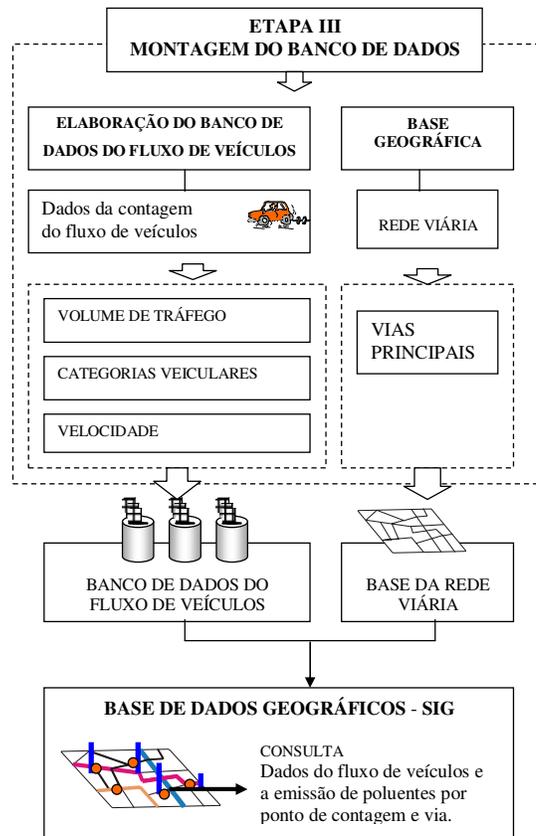
Osses, M.; Dursbeck, F. and Corvalán, R. (2001). *Modelo de Emisión de Contaminantes Atmosféricos Producidos por Transporte Urbano: El Caso de Santiago de Chile*. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Vaz de Melo, C. R. (2004). *Desenvolvimento de uma Metodologia para Determinar os Níveis de Emissão do Escapamento de Veículos Automotores Leves do Ciclo Otto em Condições Reais de Operação*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF.

**Figura 1. Estrutura metodológica.**



**Figura 2. Processo da montagem do banco de dados.**

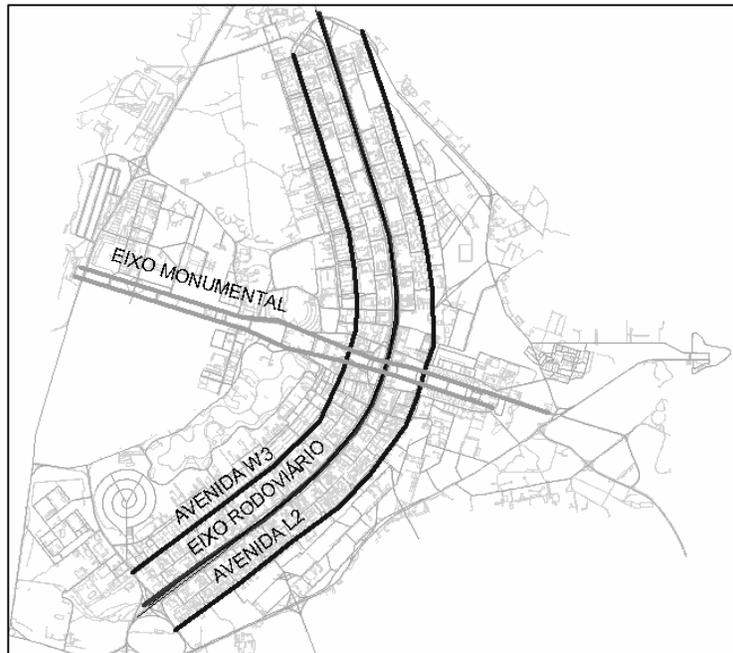


**Figura 3. Disposição no veículo-teste dos sistemas utilizados.**

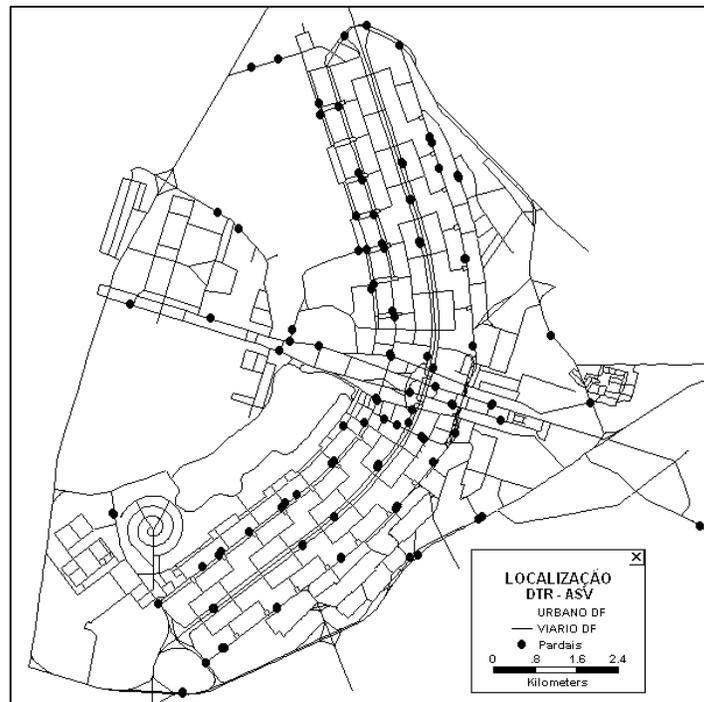


**Fonte:** Filizola (2005)

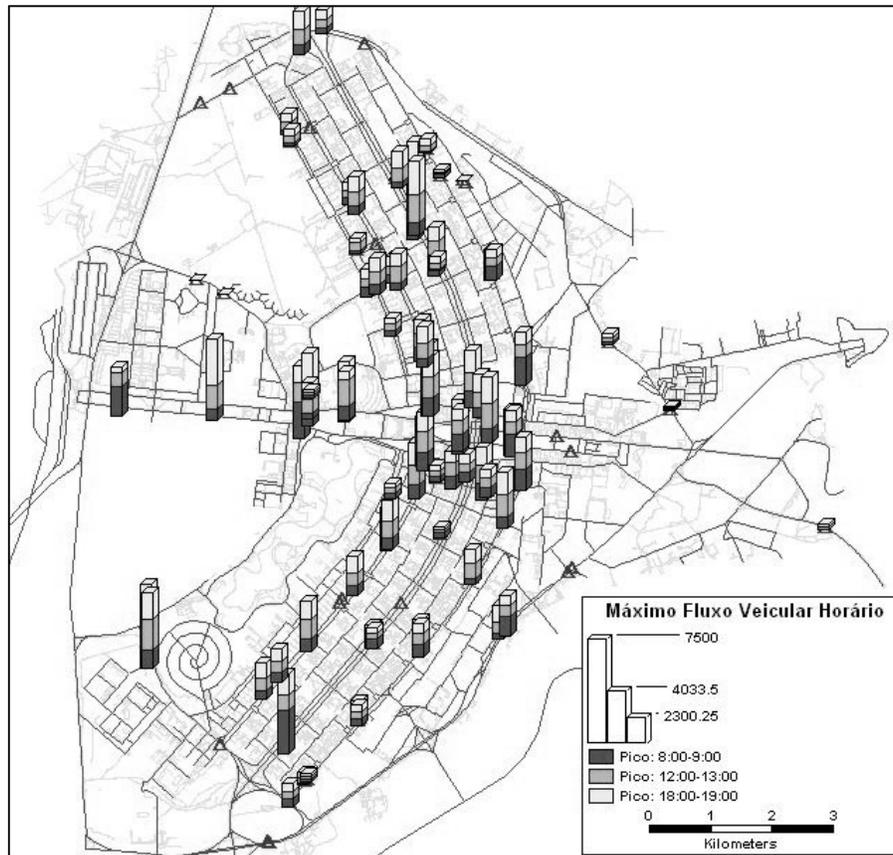
**Figura 4. Principais vias de estudo no Plano Piloto, DF.**



**Figura 5. Distribuição espacial dos controladores estudados no Plano Piloto - DF.**



**Figura 6. Volume de automóveis por horas pico – Plano Piloto.**



**Tabela 1. Valores referenciais de emissão de gases para veículos leves do ciclo Otto.**

CENÁRIO	CO (g/km)	NO <sub>x</sub> (g/km)
Cenário otimista	1,16	0,10
Cenário normal	2,00	0,21
Cenário pessimista	2,83	0,32

Fonte: Filizola (2005).

**Figura 7. Representação Espacial dos Níveis de Emissão de CO y NO<sub>x</sub> no Plano Piloto, Brasília – DF, Brasil.**

