

REVISÃO CRÍTICA DO USO DO GEOPROCESSAMENTO EM ANÁLISE AMBIENTAL DE MONÓXIDO DE CARBONO E RUÍDO GERADOS PELO TRÁFEGO VEICULAR

Geralcy Carneiro da Silva

Universidade Federal do Rio Grande

Departamento de Matemática

geralcy@yahoo.com.br

Lenise Grandó Goldner

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

lenise@ecv.ufsc.br

RESUMO

Pesquisas recentes mostram que as principais fontes de poluição ambiental (sonora e do ar) nas grandes cidades são: as emissões de gases e ruídos gerados pelos veículos automotores. Por outro lado, constata-se diferentes procedimentos para determinação destes impactos em áreas urbanas. O objetivo deste trabalho é, portanto, fazer uma revisão dos trabalhos internacionais que utilizam o geoprocessamento para análises dos níveis de poluição sonora e atmosférica (monóxido de carbono) causados pelo tráfego veicular, de modo a fornecer subsídio aos estudos de impacto ambiental que possam ser desenvolvidos, em especial nas cidades brasileiras, com a utilização desta ferramenta.

ABSTRACT

Recent researches show the main environmental pollution sources (noise and air) in great urban centers are: the emissions of the gases and noises generated from motor vehicles. The other hand, verify different methodologies used to the determination of these impacts in urban areas. The purpose of this work is, so, to make a review of the international works that use the geoprocessing to analysis the level of noise and air pollution (carbon monoxide) caused by the vehicles' traffic. This work provides subsidy to the studies environmental impact that can be developed, in special the brazilian cities, with the utilization of this tool.

1. INTRODUÇÃO

Desde 1950 a população mundial mais que dobrou, e o número global de carros aumentou por um fator de 10. No mesmo período, a fração das pessoas que vivem em áreas urbanas aumentou por um fator de 4, o que representa quase a metade da população mundial. Aproximadamente 20 regiões urbanas terão, cada uma, populações acima de 10 milhões de pessoas (FENGER, 1999).

Nesse cenário, os problemas de poluição urbana, especialmente a gerada pelo tráfego de veículos automotores, provocam impactos negativos ao meio ambiente (materiais, na vegetação, na visibilidade) causando ônus ao Poder Público e riscos à saúde da população que residem nessas áreas. Segundo KLUIJVER (2001), destacam-se os riscos relacionados à poluição sonora: problemas cardiovasculares, perda da audição e distúrbios do sono. JENSEN (2001) também destaca que numerosos estudos indicaram que a exposição à poluição aumenta riscos de câncer, infecções respiratórias e alérgicas, além de agravar as condições de saúde das pessoas com doenças do coração.

No Brasil, de acordo com a ANTP (1999), o número de veículos tem crescido rapidamente nas últimas décadas: de 430.000 em 1950, o número aumentou para 3,1 milhões em 1970, 25 milhões em 1996 e 35 milhões em 2003 (DENATRAN, 2003). A tendência do crescimento da população urbana e da frota de veículos pode agravar mais ainda esta situação. Imaginando-se

um crescimento anual de 2,5% da população urbana e de 4% da frota de veículos, pode-se observar que até o ano 2010 poderão ser acrescentados 54 milhões de habitantes e 20 milhões de veículos às áreas urbanas. O grande desafio é como acomodar, com qualidade e eficiência, estes contingentes populacionais adicionais e os deslocamentos que eles farão, considerando que o aumento da frota de automóveis e seu uso crescente tendem a agravar os problemas de congestionamento, poluição e acidentes nas cidades.

Pode-se citar alguns exemplos dos efeitos maléficos sobre a saúde física do homem: poluição do ar na cidade de Nova York que, em 1966, matou cerca de 80 pessoas; poluição fotoquímica do ar em Tóquio, a 18 de julho de 1970, que afetou os olhos e a garganta de 6101 pessoas naquela cidade; e outros casos conhecidos como os ocorridos ultimamente, na Grande São Paulo, sempre que há uma inversão térmica meteorológica, isto é, quando a camada fria sobrepõe-se sobre a camada de ar quente superficial (FERRARI, 1988).

Florianópolis, segundo o censo demográfico do IBGE (2000), tem uma população de 341.781 habitantes, com estimativa para 2003 de 369.102 habitantes. Possui uma frota cadastrada de 178.339 veículos (DETRAN-SC, 2003) que leva a uma relação de duas pessoas por veículo, a maior média nacional. Esta relação representa um exemplo de cidade de porte médio já com problemas de uso predominante do transporte individual ao invés do transporte alternativo, caracterizando uma situação preocupante para a degradação do meio ambiente.

Este artigo trata da utilização do geoprocessamento para análise dessas emissões de ruídos e poluentes geradores de impactos negativos que podem ser reduzidas controlando-se as fontes. Uma das maneiras de conhecer o problema para propor medidas de controle é identificar o potencial da poluição gerada pelo tráfego nas áreas críticas da cidade, o que é possível através de uma análise espacial da poluição.

Usando a tecnologia SIG podem-se armazenar, recuperar, manipular, simular e representar graficamente os dados georeferenciados de ruas, emissões de ruídos e poluentes, fluxo de tráfego, uso do solo e outros que possam ser cruzados gerando informações (níveis médios, mínimos, máximos, acréscimos, simulações, etc).

Este trabalho servirá de base para orientar pesquisas ambientais urbanas que necessitam de uma representação espacial do problema, dando maior precisão na tomada de decisões como correções e prevenções dos efeitos negativos da poluição gerada pelo tráfego, com benefícios para a área de transporte e melhoria da qualidade de vida da população exposta.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho visa fornecer subsídios para o uso do geoprocessamento em estudos de impactos ambientais nas cidades brasileiras em relação à identificação do nível de poluição ambiental gerado pelo tráfego de veículos automotores, fundamentais para a obtenção de resultados representativos, através do levantamento e análise dos estudos realizados no exterior e no Brasil.

Serão apresentados os mais importantes trabalhos internacionais, especificamente desenvolvidos para avaliar a contribuição do tráfego na poluição do ar e sonora, usando o

geoprocessamento para o desenvolvimento de mapas oriundos do cruzamento de dados das vias, do tráfego e da poluição, onde se pode identificar a distribuição espacial da poluição.

Desse modo, pretende-se fornecer referências aos planejadores das cidades brasileiras para respaldar a tomada de decisões, na gestão ambiental da cidade, quanto à aplicação de medidas mitigadoras dos impactos negativos da poluição gerada pelo tráfego, visando benefícios à população, a medida que o conhecimento dos modelos utilizados internacionalmente permitirá uma avaliação mais criteriosa dos impactos ambientais.

3. O GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

A evolução da tecnologia de geoprocessamento fez surgir vários termos. Para melhor entendimento desses termos, faz-se necessário abordar alguns conceitos básicos com o propósito de não confundi-los:

3.1 - Geoprocessamento

É um termo amplo, que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre essas tecnologia, se destacam: Sensoriamento remoto; Digitalização de dados; Automação de tarefas cartográficas; Utilização de Sistemas de Posicionamento Global – GPS; Sistema de Informação Geográfica – SIG. (CARVALHO, 2000).

O INPE (2005) faz o seguinte resumo na definição de geoprocessamento: “Representa qualquer tipo de processamento de dados georeferenciados”.

3.2 - Sistema de informação geográfica – SIG

O conceito SIG foi desenvolvido originalmente nos anos 60, como um meio de sobrepor e combinar diversos tipos de dados em um mesmo mapa (PAREDES, 1994). Mais especificamente, a partir da criação do primeiro sistema de informação geográfica, o Canadá Geographic Information System – CGIS, cuja tarefa inicial foi classificar e mapear os recursos do solo do Canadá (DEMERS, 2000).

A seguir, expõem-se alguns conceitos existentes na literatura atual sobre o Sistema de Informação Geográfica:

Segundo BURROUGH (1986) o SIG é definido como um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico.

O INPE (2004) define que um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies.

O ESRI (2005) define um SIG como uma combinação de: hardware robusto; software poderoso; dados especiais e um explorador pensante.

O usuário manipula o hardware, que acopla o software, para trabalhar nos dados. Juntos, garantem:

- Informação computadorizada (entrada de dados, digitalização, captação de imagens, entradas pelo teclado, transferência de dados);
- Seleção de dados e consultas (processamento de informação com manipulação da base de dados e funções avançadas de análises matemáticas);
- Visualização de dados (criação de mapas com a capacidade de extração).

Ainda, segundo o ESRI (2005), o SIG não é um pacote de mapas. Tem habilidade para construir mapas mostrando o que se quer da maneira que se define. O software desenha a integração dos dados: coordenadas geográficas (onde as coisas estão) e os atributos (como e que coisas são), processados de acordo com regras ajustadas pelo usuário. Isto requer um elevado poder computacional, desde que se queira extrair uma infinidade de variáveis das coordenadas em infinitas escalas.

3.3 - Funções de um SIG

A tecnologia SIG integra operações convencionais de base de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados, com possibilidades de seleção e busca de informações (query) e análise estatística, conjuntamente com a possibilidade de visualização e análise geográfica oferecida pelos mapas. Esta capacidade distingue os SIG dos demais Sistemas de Informação e torna-os úteis para organizações no processo de entendimento da ocorrência de eventos, predição e simulação de situações, e planejamento de estratégias (CARVALHO, 2000).

Tarefas e aplicações que resolvem problemas requerem funções (algumas vezes chamada de operações) para fazer uso de um SIG. As principais funções que suportam o uso de um SIG incluem (NYERGES, 1993):

Entrada e Captura de dados. Os dados são convertidos para a forma digital ou adquiridos de fontes digitais. O processo de digitalização envolve o uso de um equipamento para capturar uma amostra ou fenômeno de interesse no mapa. São usados formatos vetor e raster para captura de dados.

Armazenamento e gerenciamento de dados. As funções são focadas caracterizando o estado do ambiente dos dados. Isto é, posição, topologia e atributos dos elementos geográficos (pontos, linhas e áreas) são estruturados e organizados. O programa de computador usado para organizar o banco de dados é conhecido como Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD).

Manipulação e análise de dados. As funções de suporte de manipulação de dados do SIG referem-se à preparação dos dados para análise de processamento. As funções de análise são concernentes ao desenvolvimento e sínteses espaciais relacionados com os dados geográficos para produzir respostas. Exemplo: Onde está o objeto A? Onde está A em relação à posição B? Qual o tamanho de B?

Visualização e saída de dados. A função de visualização no SIG refere-se as diversas formas de apresentação como zoom de detalhes, seção de diferentes áreas, mosaicos, perspectivas, contornos, etc. A saída de dados pode ser cópia temporária pelo monitor, cópia impressa por impressora ou plotter, e também gravação digital.

3.4 - Base de dados

Talvez seja o mais importante componente de um SIG. É uma coleção estruturada de dados espaciais e descritivos, tirados do mundo real. Normalmente compreendem três tipos (PAREDES, 1994):

3.4.1 - Dados espaciais

Descrevem a localização, a forma e os relacionamentos entre as feições geográficas. São elementos localizados no espaço mediante um sistema predefinido de coordenadas, de atributos (cor, custo, etc) e parâmetros espaciais pelas relações topológicas, e descrevem a união desses dados entre si que pode ser de: adjacência (compartilham limites, exemplo: lotes de terreno), conectividade (ligados uns aos outros, exemplo: rede rodoviária), contingência (incluído em outro, exemplo: um bairro contido num município). Exemplos de dados espaciais:

- Pontos – acidentes de trânsito, altitude, árvore de rua.
- Linhas – Estradas, redes de drenagem, linhas de rota.
- Polígonos – Construções, solos.
- Superfícies – Mapa de declividade, plano de vertentes.

Existem normalmente, duas formas distintas de representar e armazenar dados espaciais de mapas na forma digital: Vetorial (vector) e Matricial (raster).

a) Dados Vetoriais:

As feições são gravadas uma por uma, com a forma que está sendo definida pelos valores numéricos dos pares de coordenadas (x, y). Um ponto é definido por um único par de coordenada. Uma linha é definida por uma sequência de pares de coordenadas que definem os pontos que a linha é desenhada. Uma área é definida de maneira similar, somente com o primeiro e o último ponto juntos para fazer um cerco completo. A versão vetor pode também armazenar informação adicional de contexto sobre estas feições – os atributos - um aspecto muito importante (descrito na parte b deste item).

b) Dados Matriciais:

Toda a área do mapa é subdividida em grades regulares, pequenas células (pixel). Um valor é armazenado em cada uma dessas células para representar a natureza do objeto na posição correspondente. Os dados raster podem ser comparados a uma matriz de valores.

O principal uso dos dados matriciais é o armazenamento de informação do mapa como imagens digitais. Os valores das células se relacionam às cores do pixel da imagem.

3.4.2 - Dados descritivos

Descrevem as características das feições espaciais. Essas características podem ser quantitativas e ou qualitativas. Segundo CARVALHO (2000), a grande maioria dos SIG utiliza o modelo relacional, em que a estrutura dos dados se dá através de tabelas, onde cada linha corresponde a uma ocorrência e cada coluna corresponde a um atributo da entidade. O modelo orientado a objeto vem se firmando como uma tendência nos programas atuais de SIG. Exemplos de dados descritivos:

- Formulários – Autorizações, índices, atributos.
- Medições de cotas – Ocorrência de acidentes, censos, enquetes.
- Ilustrações Gráficas – Nomes de ruas, símbolos de objetos.

3.5 – Bases de dados ambientais

As bases de dados ambientais contêm uma enorme diversidade de tipos de dados como mostra a Tabela de exemplos de temas ou dados ambientais de interesse regional. Os conjuntos de dados ambientais são extremamente grandes em volume, especialmente devidos em parte à coleta e manutenção ao nível de macrorregiões. O tamanho e complexidade dessas bases de dados requerem necessariamente a aplicação da tecnologia SIG.

Tabela 3.1: Exemplos de temas ou dados ambientais de interesse regional

Base de dados	Dados ambientais
Geológicos	1. Arquivos de amostras indeformadas de sedimentos 2. Arquivos geoquímicos 3. Dados de levantamentos geográficos 4. Levantamentos geomagnéticos 5. Arquivos hidrogeológicos 6. Características geofísicas 7. Constituição geológica
Ecológicos	1. Dados de localização de espécies 2. Características Terra/Solo 3. Localização de lugares de conservação 4. Distribuição de tipos de solos 5. Dados de biomassa
Atmosféricos	1. Temperatura e pressão do ar em diferentes altitudes e regiões 2. Química atmosférica 3. Velocidade do vento 4. Umidade
Sócio-econômicos	1. População e assentamentos 2. Indústrias 3. Construções urbanas e rurais 4. Transporte e comunicação 5. Economia regional e agrícola

Fonte: Adaptado de PAREDES, 1994.

3.6 – Aplicações do geoprocessamento em poluição ambiental

Várias ferramentas e técnicas de detecção, mensuração e controle da poluição ambiental têm sido utilizadas por pesquisadores, planejadores e administradores de cidades. Entre elas destaca-se o Sistema de Informações Geográficas - SIG que tem sido amplamente utilizado para fazer planejamento urbano em razão de facilitar o processo de armazenamento, análise e visualização de dados.

Como ferramenta de apoio, além da preparação de mapas, o SIG pode ser usado para monitorar a poluição urbana e, se necessário, desenvolver vias de transporte alternativas para controlar o crescimento da poluição projetada ou tomar outras medidas preventivas de planejamento regionalizado.

3.6.1 - Trabalhos que aplicam essa tecnologia nas pesquisas de poluição atmosférica:

a) - KOUSSA et al. (2002), em Helsinque, Finlândia.

Estudaram a variação de espaço e tempo de exposição da população urbana ao NO₂. Usaram um SIG para processar e visualizar os dados do inventário de emissões de fontes móveis (tráfego) e fontes fixas (usinas) da Área Metropolitana de Helsinki que resultou num modelo

matemático para determinação da exposição humana à poluição do ar. O modelo desenvolvido com aproximadamente 5000 fontes lineares e 169 fontes pontuais de NO₂ foi projetado para ser utilizado por autoridades municipais no planejamento urbano, por exemplo, na avaliação de impactos de tráfego e uso do solo.

b) - MENSINK et al. (2000), Antuérpia, Bélgica.

Apresentaram um modelo detalhado, com base em fatores de emissões, que prevê emissões de hora em hora para diversos poluentes (CO, NO_x, VOC, SO₂), inclusive materiais particulados. As emissões horárias foram computadas em função do tipo de via, tipo de veículo, tipo de combustível, volume de tráfego, idade do veículo, distribuição de viagens e temperatura. O modelo do fluxo de tráfego foi implementado em um SIG ambiental.

c) - GUALTIERI e TARTAGLIA (1998), em Firenze, Itália.

Apresentaram um modelo para previsão e avaliação da poluição do ar causada pelo tráfego em áreas urbanas, com base na taxa de emissão dos principais poluentes atmosféricos, considerando as condições geométricas e morfologias do local. O modelo é integrado em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite o uso de coordenadas espaciais para descrever a estrutura de áreas urbanas, redes viárias e a distribuição de contaminantes na atmosfera.

3.6.2 - Trabalhos que a utilizam a tecnologia SIG para pesquisas de poluição sonora:

a) - LI, B. et al. (2002), em Beijing, China.

Desenvolveram um modelo de predição de ruído de tráfego baseado em padrões ambientais locais, tipos de veículos e condições de tráfego. O modelo teve precisão de 0,8 dBA em locais próximos às vias e 2.1 dBA dentro dos limites residenciais, quando comparado com o modelo FHWA. Um sistema integrado de ruído (SIG) foi desenvolvido para proporcionar funções gerais para modelagem de ruído e ferramentas adicionais para projeto de redução de ruído. Através do SIG foi possível escrever novas interações como questões “IF” e “WHAT”.

b) - KLUIJVER e STOTER (2001), em Utrecht, Holanda.

Neste artigo foi discutida a necessidade de padronização do mapa de ruído para fazer possível comparação. Também foram dadas considerações para desenvolvimento de mapeamento padronizado de ruído. A padronização de estudos do efeito de ruído aumentará quando a metodologia e o nível de detalhe para quantificar os efeitos de ruído forem colocados em diretrizes. Estes procedimentos podem ser implementados em uma aplicação SIG. A intenção é obter um dispositivo definido para quantificar níveis de ruído, assim os resultados já não variarão com os métodos usados. Assim, tem-se a otimização da qualidade e eficiência de estudos de efeito de ruído em relação à precisão, custo/benefício e incertezas nos resultados.

c) - KLUNGBOONKRONG e TAYLOR (1998), Adelaide, Austrália.

Descreveram os fundamentos teóricos, a estrutura fundamental e a aplicação do SIMESEPT (Spatial Intelligent Multicriteria Environmental Sensitivity Evaluation Planning Tool). O SIMESEPT é uma integração de tecnologias da informação KBES (Knowledge-Based Expert Systems) e SIG (Sistema de Informação Geográfica), Teoria Fuzzy, técnicas multicritérios de decisão e vários métodos de avaliação de impactos ambientais de tráfego. Os resultados do estudo de caso indicam a utilidade potencial da ferramenta para avaliar a sensibilidade ambiental (separada ou composta) da rede viária urbana a nível local, identificam problemas de

locações e especificam as possíveis causas de fatores-chaves que contribuem para aqueles problemas.

d) - CORREIA e YAMASHITA (2003), Brasília, Brasil.

Criaram um SIG para análise da poluição sonora do fluxo de automóveis. Através de um equipamento específico (medidor de nível sonoro integrado) foram coletados os níveis de emissão de ruído nas vias urbanas durante 15 minutos por período (rush e não rush), cujos valores foram armazenados num banco de dados para posterior manipulação. Os dados geograficamente referenciados permitiram a realização de análises espaciais. Os resultados mostraram que, nos pontos localizados em áreas residenciais, 24 dos 27, apresentaram níveis de ruído acima dos limites permitidos.

De acordo com o exposto, entende-se que existe uma tendência para o uso da tecnologia SIG para estudos ambientais. Esta tendência pode ser explicada pelo poder dessa ferramenta realizar sobreposição matemática em diferentes planos de dados para produzir resultados compostos.

4. ANÁLISE CRÍTICA SOBRE O USO DO GEOPROCESSAMENTO

Existem diversos procedimentos adotados por diferentes autores para realização de uma pesquisa sobre poluição urbana gerada pelo tráfego veicular, usando as ferramentas de geoprocessamento, sendo que todos estes foram adaptados à finalidade de cada pesquisa.

O uso do geoprocessamento permite que se atinja uma grande variedade de objetivos nas pesquisas, porém, não se observa o consenso dos autores quanto ao período que devem ser realizados os trabalhos de medição: hora, dia da semana, estações do ano, período escolar. E, da mesma forma, em relação às variáveis geométricas da via (largura, divisores dos sentidos de tráfego, declividade) e meteorológicas (temperatura, velocidade, direção e umidade do ar).

No geoprocessamento é de fundamental importância que os responsáveis pela pesquisa ambiental saibam claramente, quais variáveis que possuem influência no resultado final obtido, diminuindo assim as possibilidades de erros computacionais, erros causados pela dispersão de gases e propagação do som ao ar livre. Desconsiderar tais variáveis inter-relacionadas na pesquisa implicará em resultados não representativos.

A avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade (NBR-10151), é genérica e, em nenhum momento faz recomendações diretas para medir o principal agente gerador de ruído, que é o tráfego veicular. No entanto, é relevante o item 3.1.2 desta norma - Condições para medição - onde é citado o cuidado para evitar a influência no resultado de sons não desejados, e que o nível medido pode ser significativamente dependente das condições climáticas. Para o caso de tráfego veicular seria importante citar a atenção que se deve dar às variáveis geométricas da via, tais como: largura da via (número de faixas), largura do acostamento, largura do elemento central, declividade da via, distância das edificações, etc.

Como a poluição sonora gerada pelo tráfego veicular é específica, as metodologias tradicionais não especificam considerações sobre os parâmetros que determinam o ruído de tráfego. Além dos mais convencionais como: volume, composição, velocidade e percentual de veículos

pesados. Segundo Priede apud ALVES FILHO (1997), há ainda, os seguintes aspectos a serem considerados:

a) Parâmetros operacionais:

- Os diferentes tipos de fontes de ruído de tráfego e potência sonora;
- Condições geográficas da via de tráfego e suas características;
- Tipo de superfície;
- Número de vias;
- Largura da via e do canteiro;
- Localização relativa do ponto de medição;
- Inclinação e curvatura da via;
- Existência ou não de obstáculos, barreiras ou irregularidades;
- Existência de semáforos, lombadas e interseções.

b) Condições atmosféricas:

- Temperatura;
- Umidade;
- Ventos dominantes (direção, velocidade).

c) Condições de tempo

- Período de avaliação do ruído;
- Ocasião durante a qual a avaliação se processou (manhã, tarde ou noite).

Existe uma relação direta entre o volume de tráfego urbano e o nível de ruído. Teoricamente, cada vez que o volume de tráfego dobra, há um aumento de 3 dB(A) no L_{10} (nível de ruído superado em 10% do tempo de observação). Quando existe um acréscimo no volume de tráfego, o L_{10} aumenta rapidamente no início e a seguir menos rapidamente até que o nível de ruído tende a se estabilizar para volumes maiores que 2.000 veículos por hora, segundo FREITAS (1991).

Verifica-se na composição de tráfego, a tendência de os veículos mais pesados serem mais ruidosos. O DER/SC (1993), considera que para velocidades entre 70 e 110 km/h, um caminhão é acusticamente equivalente a 4,5 carros. Para vias urbanas e para velocidades entre 30 a 40 km/h, uma duplicação das proporções de veículos pesados de 10% para 20%, aumentaria o nível de ruído em 2 a 3 dB(A).

O congestionamento introduz níveis de ruídos de picos mais altos e, freqüentemente, níveis médios mais baixos. Quando o fluxo é lento, o tráfego tem níveis médios baixos e picos relativamente baixos; quando flui livremente, com velocidades de tráfego maiores, proporciona níveis médios mais altos. Muitos estudos de tráfego indicam que o ruído, nas condições de desaceleração-frenagem-aceleração (para-e-anda), durante a noite ou nas horas de pico do dia, é um elemento significativo na situação de ruído urbano. Nas rodovias, os níveis de ruído aumentam quase que linearmente com a velocidade, na ordem de 1 dB(A), ou menos, para cada 10 km/h de aumento desta, enquanto que em vias urbanas, o efeito da velocidade é muito mais complexo, segundo o Urban Traffic Noise apud ALVES FILHO, 1997.

A determinação da concentração de monóxido de carbono por espectrofotometria de infravermelho não-dispersivo, na NBR-13157, que prescreve o método para determinação

contínua de monóxido de carbono na atmosfera, baseado na absorção do infravermelho pelo monóxido de carbono (CO) em espectrofotômetro não-dispersivo, também é genérica. Para o problema de medir o nível de poluição atmosférica gerado pelo tráfego veicular, precisa-se saber a que distância horizontal e vertical da fonte de emissão deve-se instalar os equipamentos para aspirar o ar da atmosfera, para que a amostra possa ser representativa no resultado da avaliação.

A poluição atmosférica é formada pelo desequilíbrio entre a emissão e a dispersão de poluentes e, desta forma, as metodologias tradicionalmente dão ênfase ao processo de concentração de poluição, sendo comum encontrar-se as seguintes variáveis (MARTINS, 1996):

a) Emissão de poluentes:

- Característica da frota - variáveis: tamanho, peso, potência, número de carburadores, idade, tipo de injeção de combustível, presença ou não de catalisadores, tipo de motor, etc;
- Tipo e composição do combustível - variáveis: quantidade de impurezas, quantidade de chumbo, etc;
- Características do sistema de tráfego - variáveis: controle nas interseções, número de faixas de rolamento, tempos de semáforo, facilidades para estacionamento, velocidade média, número de frenagens, comportamento do motorista, aceleração/desaceleração, regulação e manutenção dos veículos, etc;
- Geometria da via - variáveis: largura, inclinação, curvas, quantidade de redutores de velocidade, qualidade do revestimento das vias, etc.

b) Dispersão atmosférica

Segundo Bezerra e Chiquetto apud MARTINS, (1996) os fatores que mais influenciam no processo de dispersão de poluentes são: os tipos de construção e obstáculos que margeiam as vias (layout, rugosidade e porosidade da superfície), as condições topográficas, as condições climáticas, as distâncias da fonte de emissão ao receptor e as propriedades físico-químicas do próprio poluente.

O modelo de dispersão de poluentes denominado Pluma Gaussiana, é o mais usado para estudos ambientais por apresentar as seguintes características (FREITAS, 1991):

- Base satisfatória e simples;
- Grande faixa de aplicação prática;
- Avalia adequadamente o impacto gerado por poluentes não reativos.

O uso do geoprocessamento em pesquisa sobre poluição sonora e atmosférica tem procedimentos diferenciados entre os autores, o que torna fundamental o aprimoramento dos métodos a serem utilizados para medir os impactos ambientais gerados pelo tráfego.

5. CONCLUSÕES

De acordo com o exposto, com base nos estudos existentes na bibliografia internacional, conclui-se que o uso do geoprocessamento em avaliações de impactos ambientais gerados pelo tráfego de veículos apresenta resultados que leva em consideração a localização dos dados.

Ressalta-se a importância e a utilidade do geoprocessamento nas pesquisas para se alcançar os objetivos de cada um dos trabalhos desenvolvidos, entretanto, sugere-se uma redução nas diferenças de ordem prática, detectadas na comparação dos métodos de coleta dos dados de poluição ambiental. A padronização desses métodos serviria para transpor as barreiras do conhecimento técnico e alcançar resultados mais representativos.

As características do tráfego e do meio ambiente, tais como: volume, velocidade composição do tráfego, condições meteorológicas, geométricas e os parâmetros operacionais são aspectos fundamentais que influenciam o resultado de estudos dos impactos de tráfego de veículos no sistema viário. Também se podem citar, além dos erros de coleta de dados, os erros de processamento.

Observa-se uma tendência de uso do geoprocessamento em estudos de impactos ambientais, pela qualidade da representação dos resultados pesquisados, porém, como se trata de uma tecnologia nova, detecta-se a carência de especialistas que possam explorar o potencial dessa ferramenta.

Desta forma, através da análise crítica aos métodos expostos espera-se contribuir para o aprimoramento do uso desta ferramenta na área ambiental, especialmente por quantificar a dependência espacial (detalhe ignorado numa análise tradicional).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 10151 - *Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. 1987.
- ABNT NBR 13157 - *Atmosfera - determinação da concentração de monóxido de carbono por espectrofotometria de infravermelho não-despersivo*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1994.
- ALVES FILHO, J. M. *Influência da composição do tráfego sobre o ruído gerado por rodovias*. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - CPGEMC/UFSC.
- ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. *O Transporte na Cidade do Século 21*. 12º Congresso Brasileiro de Transportes e Trânsito. Recife, 14 a 18 de junho de 1999.
- BURROUGH, P. A. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. New York: Clarendon Press, 1986
- CORREIA, D. E. R. e YAMASHITA, Y. Geographic Information System for Traffic Resonant Pollution. GeoSpatial World. Atlanta, Georgia, June 2002.
- CARVALHO, M. S. et al. (org.). *Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicada à saúde*. Brasília: Organização Panamericana da Saúde/Ministério da Saúde, 2000. 124 p.
- DEMERS, M. N. *Fundamentals of geographic information systems*. 2nd ed New York: J. Wiley, 2000.
- DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. *Frota de veículos em setembro de 2003*. Disponível em: http://www.denatran.gov.br/Frota_03.htm. Acesso em: 20/01/04.
- DER/SC – DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DE SANTA CATARINA. *Gestão ambiental no setor rodoviário: manual de procedimentos ambientais*. Departamento de Estrada de Rodagem de Santa Catarina, Florianópolis. 1993
- DETRAN-SC – Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina. *Anuário 2003*. Disponível em: <http://www.detran.sc.gov.br>. Acesso em: 26/05/04
- ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. *GIS Basics*. Disponível em: <http://www.esri.com/industries/k-12/docs/basicgis.html>>. Acesso em: 23/04/2005.
- FENGER, J. Urban air quality. *Atmospheric Environment*. Elsevier, Amsterdam, vol.33, p.4877-4900, 1999.
- FERRARI, C. *Curso de planejamento municipal integrado: urbanismo*. Ed. Pioneira, São Paulo, 1988.
- FREITAS, I. M. D. P. *Metodologia para determinação da capacidade ambiental de vias urbanas: o caso das interseções semaforizadas*. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes, 1991) - PET/COPPE/UFRJ.

- GUALTIERI, G.; TARTAGLIA, M. Predicting urban traffic air pollution: A gis framework. *Transportation Research*, Elsevier, Amsterdam, vol.3, p.329-336, 1998.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico/2000*. Rio de Janeiro, 2001.
- INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Manual de Usuário On-line - Introdução ao Geoprocessamento*. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/geoproc.htm>>. Acesso em: 24/04/2005.
- JENSEN, S. S. Mapping human exposure to traffic air pollution using GIS. *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier, Amsterdam, vol. 61, p.385-392, 1998.
- KLUIJVER, H. e Stoter, J. Noise mapping and GIS: optimizing quality and efficiency of noise effect studies. *Computers, Environment and Urban Systems*, Elsevier, Amsterdam, in press, 2001.
- KLUNGBONKONG, P. e Taylor, M. A. P. A microcomputer-based-system for multicriteria environmental impacts evaluation of urban road networks. *Computers, Environment and Urban Systems*. Elsevier, Amsterdam, vol.22, p.425-446, 1998.
- KOUSA, A., et al. A model for evaluating the population exposure to ambient air pollution in an urban area. *Atmospheric Environment*, Elsevier, Amsterdam, in press, 2002.
- LI, B. et al. A GIS based road traffic noise prediction model. *Applied Acoustics*. Elsevier, Amsterdam, vol.63, p.679-691, 2002.
- MARTINS, J. A. (1996) *Transporte, uso do solo e auto-sustentabilidade: Teoria e prática para previsão de impactos sobre a qualidade do ar*. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - COPPE/UFRJ.
- MENSINK, C. et al. An urban transport emission model for the Antwerp area. *Atmospheric Environment*. Elsevier, Amsterdam, vol.34, p.4595-4602, 2000.
- NYERGES, T. L. Understanding the scope of GIS: Its relationship to environmental modeling. In: GOODCHILD, M. F; PARKS, B. O; STEYAERT, L. T. *Environmental modeling with GIS*. New York: Oxford University Press, 1993.
- PAREDES, E. A. *Sistema de informação geográfica-Geoprocessamento: princípios e aplicações*. São Paulo: Erica, 1994.

Geralcy Carneiro da Silva (geralcy@yahoo.com.br)

Departamento de Matemática, Fundação Universidade Federal do Rio Grande
Campus Carreiros, Rio Grande, RS

Fone: (53) 233-6796

Lenise Grando Goldner (lenise@ecv.ufsc.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Rua João Pio Duarte Silva, s/n – Córrego Grande, Florianópolis, SC.

Fone: (48) 331-7769 Fax: (48) 331-5191