

# **IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – SP – BRASIL: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE UM BANCO DE DADOS RELACIONAL – BDR E A TÉCNICA DE AGRUPAMENTOS PONTUAIS**

**L. Santos e A. A. Raia Júnior**

## **RESUMO**

Os acidentes de trânsito têm assumido números elevados, registrando uma grande quantidade de feridos e danos materiais. Isso ocorre dentre outros motivos, devido ao aumento progressivo da ocupação das vias urbanas por causa do aumento dos números de viagens realizadas por carros e motocicletas. No Brasil destaca-se a técnica de identificação de pontos críticos, que pode ser realizada através de agrupamentos espaciais. Entretanto, na maioria dos casos, a identificação destes pontos é realizada através de consultas a Banco de Dados Relacionais - BDR, visto que ainda são poucos os Órgãos Gestores do Trânsito Municipal que estão equipados com um sistema que possa integrar as informações dos Boletins de Ocorrência, com as suas respectivas localizações no espaço. Desta forma, este artigo tem como objetivo comparar a identificação de pontos críticos de acidentes através da técnica de agrupamentos espaciais com a consulta através de BDR.

## **1 INTRODUÇÃO**

Os acidentes de trânsito são uma das principais causas de morte no mundo, estando na nona posição e, prosseguindo com os atuais níveis de crescimento, esta posição pode chegar à sexta, até 2020, sendo então uma das maiores causas de morte da era moderna (Mantovani, 2003). Aproximadamente 15 milhões de pessoas são feridas em acidentes de trânsito por ano nos países em desenvolvimento (Gwilliam, 2003). Nestes países, inclusive no Brasil, as condições políticas e sociais específicas agravaram ainda mais os problemas gerados pelos acidentes de trânsito. Na maioria destes países, foram construídas grandes redes viárias, orientando seus modelos ao uso de automóveis. Entretanto, a falta de planejamento e investimentos adequados para a manutenção destas vias levaram a uma rápida deterioração física das mesmas, causando assim, condições inseguras no trânsito.

GEIPOT (1998) afirma que a análise dos dados de acidentes e a provável identificação de suas causas constituem o primeiro passo para a adoção de medidas preventivas que reduzam o número e a gravidade dos acidentes de trânsito. Esta análise pode ser realizada através da criação e gerenciamento de um banco de dados de acidentes de trânsito contendo informações tais como: data, hora, dia da semana, mês, local, número de vítimas, idade dos condutores, condições da via, condições do tempo, classificação e gravidade do acidentado, etc. (Gold, 1998).

Todos esses dados podem ser obtidos através do Boletim de Ocorrência - BO elaborado pela polícia militar ou por agentes de trânsito, que passaram a atuar em algumas cidades após a municipalização do trânsito. O BO é, em um grande número de países, a principal fonte de informação dos acidentes de trânsito (Carvalho Neto, 1996).

Para Gold (1998), os dados de acidentes de trânsito, assim como outros, podem ser armazenados em dois tipos de bancos de dados, podendo ser um de forma manual, que consiste na anotação organizada dos BO's e arquivamento em estantes para posterior análise, ou podem ser armazenados em um banco de dados informatizado. Este consiste em armazenar os dados coletados em computadores, que permitiria uma recuperação mais rápida de uma quantidade enorme de dados, possibilitando uma análise mais rápida e detalhada.

## **2 ACIDENTES DE TRÂNSITO**

O acidente de trânsito é um evento que ocorre nas vias públicas, que envolve ao menos um veículo que circula normalmente por essa via, podendo ser um veículo motorizado ou não, resultando em danos físicos, materiais e em algumas vezes podendo levar até a morte dos envolvidos. Segundo Gold (1998), existem dois tipos de acidentes: o acidente evitável e o não evitável. O acidente evitável é aquele onde se deixa de fazer todas as coisas que seriam possíveis para evitá-lo. E o acidente não evitável é aquele onde esgotado todas as possibilidades de impedi-lo, o acidente ainda ocorre.

Os acidentes de trânsito são eventos raros, aleatórios que se origina a partir de diversos fatores inter-relacionados, ocorrendo em uma situação onde ocorreram falhas de uma ou mais pessoas, envolvendo usuários do sistema de trânsito, resultando em ferimentos e danos materiais (Lupton citado por Cardoso, 1999; Basingk, 1995). Entretanto, para Marín & Queiroz (2000), os acidentes de trânsito são, ao menos teoricamente, possíveis de se prever, visto que eles não ocorrem por acaso, mas são decorrentes de deficiências das vias, dos veículos e, principalmente, das falhas humanas. Para Vasconcellos (2000), os problemas relacionados com a segurança viária vêm se agravando com o passar dos anos, devido ao rápido e descontrolado crescimento urbano, ao aumento da frota de veículos e com o crescimento na ocupação das vias públicas. Esse crescimento desordenado, aliado à falta de investimento adequado ao planejamento e manutenção dos sistemas viários, levou a uma deterioração física das vias, causando condições inseguras no trânsito, provocado por problemas estruturais que, aliados ao desrespeito às leis de trânsito, ao uso abusivo de bebidas alcoólicas e a falta de fiscalização, proporcionam um número crescente de acidentes de trânsito.

### **2.1 Tipos de Acidentes de Trânsito**

Segundo Raia Junior (2004), os acidentes de trânsito podem envolver ou não veículos. Aqueles que envolvem veículos estão associados a colisões, choques ou atropelamentos. E os que não envolvem veículos correspondem aqueles que resultam em danos físicos, devido a quedas de pedestres e ciclistas em trânsito pelas vias públicas. O acidente de trânsito pode ocorrer com vítimas ou sem vítimas, podendo as vítimas serem ou não fatais. Os acidentes sem vítimas ocorrem quando existe um choque de pelo menos um veículo resultando em danos materiais. Já o acidente com vítima, corresponde aquele que envolve veículos e/ou

pessoas, levando a ferimentos de pelo menos uma pessoa envolvida, podendo ou não estes ferimentos resultarem em morte. Geralmente, os acidentes de trânsito são classificados em (Raia Junior, 2004; Mantovani, 2003; Cardoso, 1999):

- a) **Colisão**: pode ser frontal, traseira, lateral e transversal e acontece com o choque de dois ou mais veículos em movimento;
- b) **Choque**: ocorre quando um veículo em movimento colide contra (ou com) qualquer objeto fixo;
- c) **Atropelamento**: acidente entre um veículo em movimento e um ou mais pedestres;
- d) **Capotamento**: ocorre quando um veículo gira em torno de um de seus eixos;
- e) **Tombamento**: quando um veículo tomba em uma de suas laterais; e
- f) **Engavetamento**: quando mais de dois veículos colidem tendo o mesmo sentido de deslocamento.

## 2.2 Dados de Acidentes de Trânsito

Para que se possa diminuir o número de acidentes de trânsito é necessário um profundo conhecimento de suas causas, afim de que se tomem medidas para que se possa evitá-los. Isto é possível através da coleta e gerenciamento das informações disponíveis nos acidentes de trânsito ocorridos. Para que isso seja possível, faz-se necessária uma política para identificar e gerenciar toda a informação disponível relativa aos acidentes de trânsito (Mantovani, 2003). Segundo GEIPOT (1998), a análise dos dados de acidentes e a provável identificação de suas causas constituem o primeiro passo para a adoção de medidas preventivas que reduzam o número e a gravidade dos acidentes de trânsito. Entretanto, segundo Cardoso (1999), compreender os eventos e os fatores que influenciam na ocorrência dos acidentes de tráfego em uma rede viária é extremamente complexo, devido à quantidade elevada de fatores que se deve analisar. Ainda, segundo o mesmo autor, é necessário um pleno conhecimento dos fatores que exercem influência na ocorrência de acidentes de tráfego para que se possam implementar medidas de redução.

Este conhecimento pode ser adquirido através da criação e gerenciamento de um banco de dados de acidentes de trânsito contendo informações tais como: data, hora, dia da semana, mês, local, número de vítimas, idade dos condutores, condições da via, condições do tempo, classificação e gravidade do acidentado, etc. (Gold, 1998).

Todos esses dados podem ser obtidos através do Boletim de Ocorrência - BO elaborado pela polícia militar ou por agentes de trânsito, que passaram a atuar em algumas cidades após a municipalização do trânsito. O BO é, em um grande número de países, a principal fonte de informação dos acidentes de trânsito (Carvalho Neto, 1996). Entretanto, as informações contidas nos boletins de ocorrência nem sempre são completas ou confiáveis, contendo campos em branco ou sem consistência. Isto advém do fato de que nem sempre as pessoas envolvidas no preenchimento do BO foram devidamente treinadas para a execução desta tarefa ou nem sempre compreendem quais os elementos importantes para a identificação das causas do acidente. Outro problema encontrado nesse cenário é o sub-registro dos acidentes de trânsito, conforme salientado por Barros et al (2003). Estudos realizados em algumas cidades do sul do Brasil puderam constatar que 39% dos acidentes de trânsito não foram registrados

em boletim de ocorrência pela autoridade policial. Estes acidentes só puderam ser identificados por meio de busca nos registros de atendimento de pronto-socorros municipais.

Para Gold (1998), os dados de acidentes de trânsito, assim como outros, podem ser armazenados em dois tipos de bancos de dados, podendo ser um de forma manual, que consiste na anotação organizada dos BO's e arquivamento em estantes para posterior análise, ou podem ser armazenados em um banco de dados informatizado. Este consiste em armazenar os dados coletados em computadores, que permitiria uma recuperação mais rápida de uma quantidade enorme de dados, possibilitando uma análise mais rápida e detalhada. Entretanto, Beato (2002) critica o uso desses bancos de dados apenas para cálculos estatísticos de segurança pública e questiona se uma análise mais detalhada não está sendo esquecida em favor de relatório de pouca serventia.

Após a organização e verificação dos dados relacionados ao acidente, se faz necessário o seu diagnóstico para que seja possível identificar suas causas e, assim, sejam tomadas as medidas necessárias para que novos acidentes sejam evitados. Para Mantovani (2003), o diagnóstico tem importância fundamental na análise de um sistema, pois qualquer decisão de intervenção deve estar pautada em seu resultado.

## **2.3 Formas de Tratamento dos Acidentes**

Segundo o MT – Ministério dos Transportes (2002) nos últimos 30 anos, vêm sendo observadas no Brasil, cinco linhas de atuação para o tratamento de acidentes de trânsito: por ponto crítico; por segmento crítico; por área crítica; por solução-tipo; e por tipo de usuário. As três primeiras linhas de atuação diferem entre si apenas em relação à extensão da área a ser tratada, apesar de cada uma guardar certas características peculiares, enquanto as outras duas apresentam identidades próprias.

### **2.3.1 Pontos Críticos de Acidentes**

Segundo MT (2002) ponto crítico de acidentes de trânsito significa uma interseção ou trecho entre interseções consecutivas que apresenta uma frequência de acidentes excepcionalmente elevada, se comparadas às demais interseções ou trechos entre interseções da malha viária. Para o Departamento Nacional de Trânsito, *pontos críticos* são os locais que apresentam as maiores taxas de ocorrência de acidentes de trânsito, baseados em índices determinados, em relação a outros pontos de referência. Sendo então estes, os pontos de mais alto risco, ou seja, aqueles que devem, prioritariamente, receber tratamentos, visando controlar o problema (DENATRAN, 1987). O *local crítico* pode ser definido como sendo aquele que apresenta um índice de acidentes igual ou superior a um critério pré-estabelecido, independente do tipo de acidente, de usuários, ou da solução adotada, podendo ser definido por métodos numéricos ou estatísticos.

Os métodos numéricos identificam os locais críticos a partir do cálculo de indicadores, os quais são comparados com um valor previamente estabelecido pela equipe técnica. Já, os métodos estatísticos envolvem a utilização de modelos matemáticos probabilísticos que determinam os locais onde o risco de acidentes é superior ao estimado ou esperado (MT, 2002).

Os indicadores mais utilizados do método numérico de identificação de locais críticos de acidentes são as Técnicas do Número de Acidentes e a Técnica da Severidade de Acidentes (MT, 2002). CET (1979) recomenda, em ordem de prioridade de análise de segurança viária, a gravidade, a frequência, a periculosidade, os locais com crescimento recente no número de acidentes e os locais com maior número de reclamações do público. Para INST (1995), a identificação de pontos críticos exige um cadastro de acidentes de trânsito que contenha, pelo menos, a data, hora, tipo e gravidade, e o local em que ocorreram os acidentes durante um ano ou por um período maior de tempo. De acordo com Gold (1998), a organização deve se dar por meses do ano, por dias da semana, por dias do mês e por horas do dia.

### **2.3.2 Segmento Crítico de Acidentes**

Segundo MT (2002), um segmento crítico, também conhecido como rotas críticas, são extensões de vias urbanas ou de rodovias onde ocorre uma frequência elevada de acidentes. Neste caso, cada segmento viário deve ser tratado como um todo, incluindo, em muitos casos, suas áreas adjacentes. Um exemplo de estudo envolvendo segmentos críticos de acidentes foi desenvolvido pela Prefeitura de São Paulo no período de 1997 a 2000, através da CET/SP, que com base em um índice de periculosidade, construiu-se um ranking das vias mais perigosas do município de São Paulo.

### **2.3.3 Área Crítica de Acidentes**

Apesar de existirem os pontos críticos, os acidentes de trânsito ocorrem em áreas urbanas e distribuem-se por toda a malha viária, formando, em alguns casos, áreas críticas de acidentes. Segundo Queiroz (2003), o termo *área crítica* é usado quando uma proporção significativa dos acidentes está muito dispersa pela mancha urbana não possibilitando um agrupamento em um ponto qualquer, não sendo adequada qualquer das outras linhas de atuação e deve ser aplicado em áreas urbanas que tenham índices de acidentes por unidade de área acima de um nível pré-determinado pela equipe técnica que executa o estudo.

Como exemplo deste caso, segundo estatísticas da CET (2000), nos anos 80, na área central de São Paulo, que ocupa menos de 1% da área total do município, ocorreram 17% dos atropelamentos. Esta concentração decorre certamente do grande número de veículos e pedestres que circulam na região devido a concentração de atividades comerciais nesta área.

### **2.3.4 Solução-Tipo de Acidente**

As estratégias que utilizam a solução-tipo têm como principal característica a aplicação de determinadas medidas de engenharia de tráfego com eficácia comprovada, ou seja, que proporcionem uma significativa redução no número e na gravidade de acidentes. Desta forma, a solução-tipo é realizada em locais com características físicas e operacionais que se assemelham ou se enquadram em casos onde algumas soluções foram implementadas com certo êxito. Como exemplo de solução-tipo de acidentes como eficácia comprovada, quando corretamente aplicadas, destacam-se: mini-rotatórias, avanços de calçadas, iluminação de faixas de pedestres, implantação de passarelas para pedestres, fiscalização eletrônica, implantação de semáforos com tempo exclusivo para pedestres, etc.

### 2.3.5 Solução por Tipo de Usuário

Nos casos por solução por tipo de usuário, as medidas preventivas e corretivas concentram-se em um único usuário da via. Assim, os estudos podem ser dirigidos aos ciclistas, motociclistas, pedestres, idosos, estudantes e profissionais do trânsito em geral. A adoção dessa estratégia geralmente está associada a políticas públicas em favor da segurança de determinada categoria de usuários do sistema viário, tendo como foco a ocorrência de um nível elevado de acidentes envolvendo esses usuários (MT, 2002).

Devido a uma série de fatores, no Brasil, as principais soluções de acidentes de trânsito estão relacionadas aos pontos críticos, que ocorrem por pressões de grupos sociais envolvidos ou por vinculação na mídia de acidentes com certa frequência em determinados locais. Em muitos casos, o tratamento é feito através de implantação de sinalização horizontal ou vertical e às vezes de fiscalização eletrônica, associados a correções da geometria da via, que em vários casos tem como resultado a melhoria da fluidez do tráfego ao invés da segurança dos usuários da via.

## 3 GEORREFERENCIAMENTO DOS ACIDENTES

Georreferenciar os acidentes de trânsito é tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se planeja georreferenciar). O processo de georreferenciamento consiste em associar os atributos de cada acidente existente no banco de dados relacional aos seus respectivos locais no mapa, representados por objetos do tipo pontos. Para esse trabalho, foi utilizada a ferramenta “*address matching*” disponível no TransCAD 3.0. A escolha deste software se deu por três motivos: a) devido à disponibilidade do mesmo, visto que o DECiv possui uma licença acadêmica para uso do programa; b) devido a facilidade de uso e pela possibilidade de importação de vários tipos de arquivos; c) devido ao banco de dados relacional de acidentes de trânsito utilizado neste estudo estar estruturada em um formato compatível com o modelo de georreferenciamento do TransCAD, necessitando apenas de pequenos ajustes.

A ferramenta “*address matching*” do TransCAD é de fácil utilização, necessitando de uma rede de logradouros no BDG contendo o nome da rua, seu código postal, o número inicial e final de cada quadra e uma tabela com o endereço dos objetos a serem georreferenciados contendo o nome do logradouro principal mais o número ou o nome de dois logradouros, quando o evento corresponder a um cruzamento, mais o código postal para cada evento.

Para realização desta tarefa, foram geradas tabelas no formato de planilhas eletrônicas para cada período do ano de estudo desta pesquisa (2001, 2002 e 2003) com todos os campos constantes na tabela BO do Banco de Dados. Afim de que o processo de georreferenciamento fosse realizado com sucesso, essas tabelas passaram por um pequeno ajuste. As tabelas apresentavam uma coluna para rua\_1, outra para número e outra para rua\_2. Entretanto, o TransCAD utiliza para o georreferenciamento uma coluna de nome “*address*” contendo o nome da rua principal seguido pelo número, ou no caso de um cruzamento, seguido pela rua\_2

com o prefixo “and” entre os dois. A Tabela 1 ilustra um exemplo das modificações realizadas.

**Tabela 1 - Ajustes Realizados na Tabela de Acidentes para o TransCAD**

Modelo da Base de dados de Acidentes			TransCAD
Rua_1	Num	Rua_2	“Address”
Av. São Carlos	1751		Av. São Carlos, 1751
Av. São Carlos		Rua 15 de Novembro	Av. São Carlos and Rua 15 de Novembro

Após serem geradas, essas tabelas foram importadas pelo TransCAD e executou-se o processo de georreferenciamento. Finalizada a tarefa, o resultado foi satisfatório, visto que em relação ao total de acidentes ocorridos no período, cada ano obteve um georreferenciamento superior ao ano anterior. Isto se deve ao fato de que, tanto o banco de dados relacional de acidentes quanto o banco de dados geográfico passaram por uma atualização e uma preparação para este processo. O maior percentual georreferenciado se refere a 2003, com um total de 84,01% dos acidentes de trânsito localizados, sendo seguidos por 2002, com 82,29% e 2001, com 78,94% (Tabela 2).

**Tabela 2 - Total de Acidentes Georreferenciados**

Ano	Acidentes Georreferenciados	Porcentagem em Relação ao Total de Acidentes
2001	2977	78,94 %
2002	2872	82,29 %
2003	2863	84,01 %

Do total de 15 acidentes com vítimas fatais no período de estudo, 60% (9 acidentes) foram georreferenciados, sendo que outros 6 não foram localizados devido a endereçamento incorreto no banco de dados. Os acidentes com vítimas não fatais, 2584 no período estudado, obtiveram um percentual de georreferenciamento de 79,64% ou 2058 acidentes localizados. Os acidentes com atropelamentos de pedestres que neste período alcançaram a marca de 421 atropelamentos, obtiveram um georreferenciamento de 72,01% ou 299 acidentes localizados. Os acidentes com vítimas são os que requerem uma maior urgência no tratamento e redução, pelo fato de proporcionarem as maiores perdas (sociais e econômicas) a sociedade em geral. Já os acidentes com danos materiais foram os que obtiveram o maior percentual de georreferenciamento, atingindo um total de 6874 acidentes localizados, do total de 8091 acidentes ocorridos no período.

É importante observar que para cada ano, foi obtido um georreferenciamento cada vez maior em relação ao ano anterior devido a uma melhor qualidade das informações, principalmente com relação aos dados do endereçamento dos acidentes. A exceção ficou por conta do ano de 2003, no quesito acidentes com vítimas fatais. Esse aumento no percentual de georreferenciamento ocorreu, provavelmente, devido à experiência adquirida pelas pessoas responsáveis pela inclusão dos dados dos boletins de ocorrências – BO no banco de dados relacional de acidentes. Deste modo, além da importância de se ter um banco de dados de acidentes de trânsito completo e constantemente atualizado é importante também ter pessoas capacitadas e qualificadas para sua alimentação e gerenciamento, proporcionando assim melhores resultados nas análises dos acidentes.

O georreferenciamento mostrou também que os acidentes ocorreram por quase toda malha viária da cidade, com uma concentração maior nas áreas centrais da cidade. A Av. São Carlos e a Av. Dona Alexandrina foram as vias onde ocorreu a maioria dos acidentes com 357 e 113, em 2001, 307 e 137, em 2002, e 294 e 117 em 2003 respectivamente, quando se considera as vias individualmente. Essas avenidas formam um sistema binário que atravessa a cidade de São Carlos de norte a sul sendo duas vias de grande importância para o deslocamento das pessoas, atraindo assim vários pontos de comércio e serviços e gerando um grande volume de tráfego no seu dia a dia.

Os atropelamentos que aconteceram no período de 2001 a 2003 ocorreram de forma dispersa pela cidade, ocorrendo tanto no centro quanto nos bairros mais afastados sendo possível notar também que em 2001 eles ocorriam com maiores frequências nas vias centrais. Porém em 2002 e 2003 eles passaram a ocorrer de forma mais dispersa na área urbana. Os acidentes com vítimas fatais no período ocorreram somente em áreas periféricas da cidade. Conforme visto no capítulo 2, isso ocorre, provavelmente, devido às maiores velocidades dos automóveis desenvolvidas nas áreas de menor circulação de automóveis, tornando assim os acidentes nessa área com maiores gravidades. Apesar de se ter conseguido um bom percentual de georreferenciamento dos acidentes no período em estudo, deve-se lembrar que aproximadamente 18,8% dos acidentes ocorridos no período compreendido entre 2001 a 2003 não puderam ser localizados por não apresentarem corretamente o endereço do local onde ocorreu o acidente.

#### **4 IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS DE ACIDENTES**

Conforme visto no capítulo 2, pontos críticos são os locais que apresentam as maiores taxas de ocorrência de acidentes de trânsito, baseados em índices determinados, em relação a outros pontos de referência. Esses locais possuem um número de acidentes elevado em relação aos outros locais onde ocorrem os acidentes, ou estão com valores superiores a um critério estabelecido pelo órgão gestor do trânsito. Muitas vezes, a identificação dos pontos críticos é realizada através de consultas em um BDR de acidentes. Nesses casos, a consulta seleciona somente os locais com a mesma descrição do local do acidente, não sendo possível identificar os acidentes que ocorrem ao seu entorno. Um acidente que ocorre na Av. B a 10 metros de um cruzamento com a Rua A, em frente ao número 1000, por exemplo, pode ser cadastrado com o endereço da Av. B número 1000.

Desta forma, a consulta ao BDR não incluirá esse acidente como pertencente ao cruzamento da Av. B com Rua A. Em muitos casos, a própria inclusão da ordem das vias no BDR não é padronizada, ocorrendo casos em que acidentes em cruzamentos são cadastrados em ordem inversa, como por exemplo, no ano de 2002 no BDR de acidentes de São Carlos, onde foram encontrados 15 acidentes cadastrados na Rua 15 de Novembro com a Av. São Carlos e 10 Acidentes Cadastrados na Av. São Carlos com a Rua 15 de Novembro. É óbvio que o local é o mesmo, entretanto, uma consulta simples ao BDR contaria como locais distintos, sendo necessário uma consulta mais avançada para a correta quantificação destes acidentes.

Frente a isso, foi utilizado neste trabalho um programa de agrupamento espacial denominado *Crimestat*. Essa ferramenta foi utilizada por possuir uma função de agregação de eventos pontuais, que através do índice de vizinho mais próximo e de critérios estabelecidos pelo

usuário pode facilmente gerar grupos conforme uma situação específica. Para a utilização dessa ferramenta foram gerados arquivos com a extensão shapefile, do Arcview, contendo os acidentes de trânsito dos anos de 2001, 2002 e 2003, que foram georreferenciados pelo TransCad, para serem importados pelo software Crimestat.

Para a identificação dos pontos críticos de acidentes foram realizados vários agrupamentos. Esses agrupamentos, além de contabilizar a quantidade de acidentes ocorridos em um local, considera também os acidentes que aconteceram em uma área a seu redor. O valor dessa área é definido pelo usuário através dos valores mínimos de acidentes dentro de uma determinada distância, ou seja, qual o número mínimo de acidentes que podem estar contido em um agrupamento.

Para cada ano de estudo, foram elaborados agrupamentos alterando a quantidade de pontos e a distância limite onde estes pontos deveriam estar localizados. Foram gerados agrupamentos de 10 e 30 metros com a quantidade mínima de 11 pontos. A definição da distância de 10 metros foi motivada por agrupar a maioria dos acidentes que ocorrem próximo à interseção, inclusive os atropelamentos que ocorrem na faixa de pedestre.

Desta forma, foi possível identificar um número maior de pontos críticos do que o que foi encontrado no BDR. Para o ano de 2001, por exemplo, a Tabela 3 é o resultado de uma consulta ao BDR, que identifica 14 interseções que tiveram quantidades maiores que 10 acidentes de trânsito. Nesta tabela é possível notar que no resultado apresentado pela consulta ao BDR, as linhas 6 e 13 da Tabela 3 representam a mesma interseção, mas não foram associadas pelo BDR.

**Tabela 3 - Resultado da Busca por Pontos Críticos no BDR de Acidentes de 2001**

<b>Ordem</b>	<b>Rua 1</b>	<b>Rua 2</b>	<b>Total de Acidentes</b>
1	Carlos,S; Avenida	Eugênio De Andrade Egas; Rua	21
2	Carlos,S; Avenida	Cezar Ricomi; Rua	17
3	Carlos,S; Avenida	Quinze De Novembro; Rua	13
4	Carlos,S; Avenida	Carlos Botelho,Dr; Avenida	13
5	Carlos Botelho,Dr; Avenida	Joaquim,S; Rua	12
<b>6</b>	<b>Carlos Botelho,Dr; Avenida</b>	<b>Episcopal; Rua</b>	<b>11</b>
7	Paulo,S; Rua	Teixeira,Pe; Rua	11
8	Quinze De Novembro; Rua	Nove De Julho; Rua	11
9	Getúlio Vargas; Avenida	Alcindo Carlos Veloso Siqueira,Mons; Rua	11
10	Carlos,S; Avenida	José Inácio,Maj; Rua	11
11	Francisco Pereira Lopes; Avenida	Miguel Petroni; Rua	10
12	Henrique Gregori; Avenida	Duarte Nunes,Dr; Rua	10
<b>13</b>	<b>Episcopal; Rua</b>	<b>Carlos Botelho,Dr; Avenida</b>	<b>10</b>
14	Carlos,S; Avenida	Alberto Mendes Jr.,cap; rua	10

Após a realização do agrupamento de no mínimo 11 acidentes que ocorreram dentro de um raio de 10 metros, foram identificados 30 pontos com no mínimo 11 acidentes sendo que a ordem hierárquica dos pontos críticos foi totalmente alterada. O cruzamento da Av. São Carlos com a Rua Capitão Alberto Mendes Júnior, que aparecia em último com 10 acidentes,

pulou para o primeiro lugar com 23 acidentes, sendo seguida pela interseção da Av. Dr. Carlos Botelho com Rua Episcopal que apresentava 11 acidentes no BDR e saltou para 22, quando se considera o agrupamento. Para Gold (1998), as interseções de duas ou mais vias são os locais que naturalmente apresentam uma alta taxa de acidentes, devido aos constantes movimentos conflitantes entre veículos e pedestres. Gold (1998) ainda afirma que a probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito aumenta à medida que o fluxo de usuário das vias urbanas cresce. Este é um dos motivos da maioria dos acidentes de trânsito ocorrerem nas áreas centrais da cidade.

É possível notar que algumas interseções que não apareciam na lista de pontos críticos gerados pelo BDR apresentaram um número considerável de acidentes, como por exemplo, a Av Trabalhador São Carlense com a Av Episcopal com um total de 18 acidentes ocorridos em 2001. É importante lembrar que, desse total de 30 pontos críticos localizados com a técnica de agrupamento, 11 se referem a nomes de ruas com ordem inversa, conforme exemplo da tabela 9 (linhas 6 e 13) e os restantes (19 grupos) foram gerados pelo somatório dos acidentes ocorridos na distância mínima estabelecida. A Tabela 4 mostra os 10 primeiros pontos críticos gerados pelo agrupamento.

**Tabela 4 - Agrupamentos de no mínimo 11 acidentes ocorridos no raio de 10 metros em 2001**

<b>Ordem</b>	<b>Address</b>	<b>Quantidade de Acidentes</b>
1	Av São Carlos and Rua Capital Alberto Mendes Junior	23
2	Av Dr Carlos Botelho and Rua Episcopal	22
3	Av São Carlos and Rua Eugenio de Andrade Egas	22
4	Av São Carlos and Carlos Botelho	21
<b>5</b>	<b>Av São Carlos and Rua 15 de Novembro</b>	<b>18</b>
6	Av Trabalhador São Carlense and Av Episcopal	18
7	Av Francisco Pereira Lopes and Rua Miguel Petroni	17
8	Av São Carlos and Rua Cezar Ricome	17
9	Av São Carlos and Rua 13 de Maio	16
10	Rua São Paulo and Rua Padre Teixeira	16

Para os anos de 2002 e 2003, os resultados foram parecidos, com um aumento considerável de novos pontos encontrados com a realização do agrupamento dos acidentes em torno de uma distância pré-determinada (10 metros). Após a realização do agrupamento mínimo de 11 pontos em 10 metros, foi possível identificar 31 pontos críticos localizados no ano de 2002 e 34 para o ano de 2003.

A Tabela 5 mostra a comparação da identificação dos pontos críticos de acidentes através das técnicas de Seleção no Banco de Dados Relacional e Através da Técnica de Agrupamentos Espaciais para as interseções com no mínimo 10 acidentes. Nela é possível notar que foram localizados um número maior de pontos críticos com a técnica de agrupamento espaciais, mostrando-se essa técnica mais eficiente do que simples listagem dos acidentes pelo BDR.

**Tabela 5 - Comparativo entre o BDR e a Técnica de Agrupamentos Espaciais**

<b>Ano</b>	<b>BDR</b>	<b>Grupos em 10 metros</b>	<b>Grupos em 30 metros</b>
2001	14	30	46
2002	6	27	43
2003	8	34	41

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve por objetivo realizar uma comparação entre duas formas de identificação de pontos críticos de acidentes de trânsito através da técnica de agrupamentos espaciais e a listagem dos locais com maiores quantidades de acidentes em um Banco de Dados Relacional - BDR. Nele foi possível identificar que através da utilização de um Sistema de Informações Geográficas – SIG e uma ferramenta de Agrupamentos Espaciais foram possível localizar uma quantidade maior de locais problemáticos ou pontos críticos de acidentes do que a listagem apresentada pelo BDR. Além de conseguir localizar uma quantidade maior de pontos críticos de acidentes, foi possível também realizar uma reclassificação dos locais com maiores índices de acidentes, havendo locais que saltaram para as primeiras posições, bem como o surgimento de locais críticos que não eram apresentados pelo BDR.

Desta forma, a técnica de agrupamentos espaciais se mostrou mais vantajosa em relação ao BDR, visto que incorpora um fator primordial na análise do acidente de trânsito, ou seja a sua localização geográfica, fazendo com que um número maior de locais críticos podem ser encontrados se comparados com o BDR.

Entretanto, ainda são poucos os órgãos gestores que dispõem de uma base cartográfica com capacidade para a utilização da técnica de agrupamentos espaciais, e nesses casos onde a utilização de um SIG não seja possível, deve-se definir uma forma hierárquica de inclusão das vias no BDR. Um exemplo seria a definição de via principal e via secundária para avenidas e ruas. E no caso de interseções de duas ruas a inclusão poderia ser feita sempre por ordem alfabética, reduzindo assim esse tipo de problema.

### **Agradecimentos**

Os autores externam seus agradecimentos à Capes-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro oferecido para a realização desta pesquisa.

## 5 REFERÊNCIAS

Barros, A. J. D., Amaral, R. L., Oliveira, M. S. B. et al. **Acidentes de trânsito com vítimas: sub-registro, caracterização e letalidade.** Cad. Saúde Pública, jul./ago. 2003, vol.19, no.4, p.979-986. ISSN 0102-311X.

Basingk, L. E. **Sistema de Cadastro e Análise de Acidentes de Trânsito.** Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. 1991.

Cardoso, G. **Utilização de um Sistema de Informações Geográficas Visando o Gerenciamento da Segurança Viária no Município de São José – SC.** Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. 1999.

Carvalho Neto, J. A. **Aspectos Epidemiológicos dos Acidentes de Trânsito em Brasília, Distrito Federal, no período de 1980-1994.** 217 p. Instituto de Saúde Coletiva – Universidade Federal da Bahia – UFBA. Dissertação de Mestrado. 1996.

CET – COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Curso Básico de Engenharia de Tráfego: Análise de Segurança**. Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria de Transportes. 1979.

DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros**. Brasília: Ministério da Justiça, 2ª edição, 1987.

GEIPOT - **Comparação da Segurança de Trânsito entre Brasília e outras Capitais Brasileiras**. Geipot. Ministério dos Transportes. Brasília: 1998.

Gold, P. A. **Seguridad de Trânsito: Aplicaciones de Ingeniería para Reducir Accidentes**. Washington, D. C., USA. Banco Interamericano de Desarrollo, 196p. 1998.

Gwilliam, K. **Cities on the Move: A World Bank Urban Transport Strategy Review**. World Bank, Private Sector Development and Infrastructure Transport, p. 212, 2003. Disponível em: [http://www.worldbank.org/transport/urbtrans/cities\\_on\\_the\\_move.pdf](http://www.worldbank.org/transport/urbtrans/cities_on_the_move.pdf) Acesso em 23 de novembro de 2004.

INST – INSTITUTO NACIONAL DE SEGURANÇA NO TRÂNSITO. **Manual para Elaboração de Plano Municipal de Segurança no Trânsito**. 58p. 1995.

Mantovani, V. R. **Proposta de Um Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Tráfego. São Carlos - SP**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. UFSCar. 196fl. Dissertação de Mestrado. 2003.

Marin, L. e Queiroz, M. S. A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral. **Cad. Saúde Pública**, jan./mar. 2000, vol.16, no.1, p.7-21. ISSN 0102-311X. Disponível em: <<http://www.scielo.br>> Acesso em: 10 de Janeiro de 2005.

MT – MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Programa Pare de Redução de Acidentes – Procedimentos Para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito**. Brasília – DF. 2002.

Queiroz, M. P. **Análise Espacial de Acidentes de Trânsito do Município de Fortaleza**. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 124 fl. Dissertação de Mestrado. 2003.

Raia Junior, A. A. **Fundamentos de Segurança no Trânsito**. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Departamento de Engenharia Civil – Deciv. 129 p. (notas de aula) São Carlos – SP. 2004.

Santos, L. (2006) **Análise dos Acidentes de Trânsito do Município de São Carlos Utilizando Sistema de Informações Geográficas e Ferramentas de Estatística Espacial**. Dissertação de Mestrado. PPGEU/UFSCar, São Carlos, 139p.

Vasconcellos, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e Propostas**. 3ª ed. São Paulo: Annablume, 2000.