

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

Análise dos Acidentes de Trânsito do Município de São Carlos
Utilizando Sistema de Informações Geográficas – SIG e
Ferramentas de Estatística Espacial

LUCIANO DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Jr.

São Carlos
2006.

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S237aa

Santos, Luciano dos.

Análise dos acidentes de trânsito do Município de São Carlos utilizando Sistema de Informação Geográfica – SIG e ferramentas de estatística espacial / Luciano dos Santos. -- São Carlos : UFSCar, 2006.

136 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2006.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Acidentes de trânsito. 3. Análise espacial (Estatística). 4. Estatística espacial. I. Título.

CDD: 910.285 (20^a)

Análise dos Acidentes de Trânsito do Município de São Carlos
Utilizando Sistema de Informações Geográficas e Ferramentas de
Estatística Espacial

Luciano dos Santos

Dissertação submetida à aprovação pelo seguinte corpo docente:

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Júnior.
(orientador)

Prof. Dr. Antônio Nelson Rodrigues da Silva.
(EESC/USP)

Prof. Carlos Felipe Granjeiro Loureiro, Ph. D.
(DET – UFC)

SÃO CARLOS, SP – BRASIL.
Janeiro de 2006

“Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco; à medida que vamos adquirindo conhecimentos, instala-se a dúvida”

Johann Goethe

DEDICATÓRIA

Para Felipe, Yuri, Yago, Ytalo e Kauan.
Que eles possam crescer em um mundo
onde não existam tantas vítimas do
trânsito.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Universidade Federal de São Carlos por ter me oferecido a oportunidade de ampliar meus conhecimentos, adquirir experiência e acima de tudo ampliar meus horizontes.

Ao Prof. Doutor Archimedes Azevedo Raia Junior, pela orientação, dedicação, incentivo, disciplina, organização, respeito, confiança e amizade.

Aos meus pais, Altair Vitor Alves Oliveira e Maria Antonia Azevedo Santos, por sempre me incentivarem ao estudo e pelo esforço, preocupação, luta, apoio e principalmente pelo amor dedicado a mim. E aos meus irmãos Elias dos Santos e Edson Roberto dos Santos pela confiança e pelos vários momentos de amizade e respeito.

A minha namorada, Rejane Maria da Silva, pelo amor, carinho, incentivo, preocupação, e acima de tudo pela paciência em todos esses anos.

A Maisa Pires pela ajuda na conferência da base de dados de acidentes, e pela ajuda também na análise do Banco de Dados Geográfico.

A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro oferecido para a realização desta pesquisa, através da concessão da bolsa de estudo.

Um obrigado especial ao Cláudio e Jairo (CTA), a Michela Sagrillo e ao amigo Silvio Barbosa.

E aos amigos: Abimael Júnior, André Canoas, Luiz Menegutti, Denis Henrique, Francis Liporone, Juan Carlos, Luiz Fernando, Michely Ramos e Patrícia Antoniosi.

E a todos aqueles que de uma forma ou de outra puderam contribuir para a realização deste trabalho.

RESUMO

Os acidentes de trânsito têm assumido números elevados, registrando uma grande quantidade de feridos e danos materiais. Uma das maiores preocupações dos órgãos responsáveis pelo planejamento do trânsito e transporte é encontrar soluções que possam vir a reduzir os números de acidentes de trânsito. Neste contexto, esse trabalho teve como principal objetivo o de realizar uma análise espacial dos acidentes de trânsito do município de São Carlos - SP, fazendo-se uso de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, associados a ferramentas de Estatística Espacial, com a intenção de identificar os pontos e áreas de maior ocorrência de acidentes, bem como as tendências espaciais de crescimento. O trabalho divide-se em duas etapas: a) identificação de padrões pontuais; e b) identificação de zonas críticas. Para a realização deste trabalho foi necessário efetuar o georreferenciamento dos acidentes de trânsito, ocorridos entre 2001 e 2003. As ferramentas de Estatística Espacial utilizadas, tais como Índice de Moran, Média Espacial Móvel, dentre outras, serviram para a realização de agrupamentos de acidentes de trânsito, identificação das zonas críticas de acidentes e identificação de tendências de deslocamento dos acidentes. A pesquisa mostrou que os acidentes de trânsito ocorrem por toda malha viária, de maneira geral, com uma maior incidência de acidentes com danos materiais nas áreas centrais da cidade e acidentes com vítimas mais nas regiões periféricas. Foi possível observar que existe um deslocamento dos acidentes de trânsito para quase todas as regiões da cidade de São Carlos, tornando um fenômeno espacial de difícil tratamento. As maiores dificuldades encontradas para a realização deste trabalho estão ligadas à análise da consistência das informações. Concluiu-se que, para que as análises dos acidentes de trânsito obtenham resultados cada vez mais satisfatórios, é necessária uma maior atenção no processo de coleta e armazenamento dessas informações, tornando-as cada vez melhores.

Palavras-Chave: Acidentes de Trânsito, Análise Espacial, Sistema de Informações Geográficas, Estatística Espacial.

ABSTRACT

The traffic accidents have reached high records, registering a great amount of wounded and material damages. One of the largest concerns of the responsible organs for the planning of the traffic and transport is to find solutions that can come to reduce the numbers of traffic accidents. In this context, this work had as main objective to accomplish a spatial analysis of the accidents of traffic on the municipal district of São Carlos - SP, using a of Geographic Information System (GIS) associated to tools of Spatial Statistics, with the intention of identifying the points and areas of larger occurrence of accidents, as well as the spatial tendencies of growth. The work has been developed in two stages: a) determination of punctual patterns; and b) determination of critical zones. For the accomplishment of this work was necessary to make a geographic reference of the traffic accidents, happened between 2001 and 2003. The Spatial Statistics tools used in this work were the Index of Moran, Average Space Piece of furniture, among others; they were used for the accomplishment of groupings of traffic accidents, determination of the critical zones of accidents and the tendencies of displacement of the accidents. The work showed that the traffic accidents happen in all the mesh of urban way, with a larger incidence of accidents with material damages in the central areas of the city and accidents with victims in the outlying areas. It was possible to observe that a displacement of the accidents of traffic exists for almost all the areas of the São Carlos city, it being a spatial phenomenon of difficult treatment. The largest difficulty founded for the accomplishment of this work were linked to the analysis of the consistence of the information, it mean that the analyses of the traffic accidents will be each time more satisfactory, if we pay a larger attention in the collection process and storage of those information.

Words-key: Traffic Accidents, Spatial Analysis, Geographic Information System – (GIS), Spatial Statistics.

LISTA DE SIGLA E ABREVIATURAS

ANTP – Associação Nacional de Transporte Público
BDG – Banco de Dados Geográfico
BDR – Banco de Dados Relacional
BO – Boletim de Ocorrência
CAD – Computer Aided Design
CET – Companhia de Engenharia de Tráfego
CTB – Código de Trânsito Brasileiro
DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito
ESDA – *Exploratory Spatial Data Analysis*
IPEA – Instituto Pesquisas Econômicas Aplicadas
LISA – *Local Indicators of Spatial Association*
MAUP – *Modifiable Area Unit Problem*
MT – Ministério dos Transportes
ONU – Organização das Nações Unidas
PARE – Programa de Redução de Acidentes nas Estradas
PBST – Programa Brasileiro de Segurança no Trânsito
PM – Polícia Militar
SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
SIG-T – Sistemas de Informações Geográficas para Transportes
SINET – Sistema Nacional de Estatísticas de Trânsito
SSR – Sistemas de Sensoriamento Remoto

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Estrutura vetorial presente na maioria dos SIG's	38
FIGURA 2 - Áreas e Matriz de Proximidade Espacial (Câmara <i>et al.</i> 1996)	48
FIGURA 3 - Média móvel da taxa de acidentes de Fortaleza para identificação de crescimento (QUEIROZ, 2003).....	51
FIGURA 4- Diagrama de Espalhamento de Moran	55
FIGURA 5 - Identificação de Regiões de Transição com Ferramentas de Estatística Espacial (Queiroz, 2003)	60
FIGURA 6 - Estrutura da Metodologia de Desenvolvimento do Projeto.....	63
FIGURA 7- Logradouros sem os nomes associados	75
FIGURA 8 - Localização dos Atropelamentos de Pedestres em São Carlos (2001 a 2003).....	80
FIGURA 9 - Localização dos Acidentes Fatais no Período de 2001 a 2003.....	81
FIGURA 10 - Acidentes com vítimas fatais ocorrido no período (2001 a 2003).	82
FIGURA 11 - Pontos Críticos de Acidentes de Trânsito em 2001, 2002 e 2003.....	91
FIGURA 12 - Distribuição espacial dos acidentes de acordo com o grau de severidade (2001, 2002 e 2003).....	94
FIGURA 13 - Elipse de Desvio Padrão do Acidentes Com Danos Materiais (2001, 2002 e 2003).....	95
FIGURA 14 - Elipse de Desvio Padrão dos Acidentes com Pedestres (2001, 2002 e 2003).	96
FIGURA 15 - Gráfico de comparação do Índice Global de Moran	100
FIGURA 16 - Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária (2001, 2002 e 2003).....	102
FIGURA 17 - Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona (2001, 2002 e 2003).	103
FIGURA 18 - Média Espacial Móvel Para o IAZEV do Período em Estudo (2001 a 2003)	105
FIGURA 19 - Média Espacial Móvel do IUPSZ para o Período em Estudo (2001 a 2003).	106
FIGURA 20 - Box Map para o IAZEV (2001 a 2003).....	108
FIGURA 21 - Box Map para o IUPSZ (2001 a 2003).	110
FIGURA 22 - Moran Map do IAZEV (2001, 2002 e 2003).....	112
FIGURA 23 - Moran Map do IUPSZ (2001, 2002 e 2003)	113
FIGURA 24 - Lisa Map do IAZEV (2001, 2002 e 2003)	115
FIGURA 25 - Lisa Map do IUPSZ (2001, 2002 e 2003)	116

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Indicadores de Acidentes de Trânsito para o Brasil - 1961 a 2000.....	21
TABELA 2- Nomes de logradouros encontrados de forma divergente no Banco de Dados	71
TABELA 3 - Registros no Banco de Dados sem endereçamento correto.....	72
Tabela 4 - Quantidade de Acidentes ocorridos no período de estudo	72
Tabela 5 - Total de Registros na Tabela de Acidentes e Total Utilizado	73
TABELA 6 - Ajustes Realizados na Tabela de Acidentes para o TransCAD.....	76
TABELA 7 - Total de Acidentes Georreferenciados	77
TABELA 8- Total de Acidentes Georreferenciados no Período por Grau de Severidade ..	78
TABELA 9 - Resultado da Busca por Pontos Críticos no BDR de Acidentes de 2001	85
TABELA 10 - Agrupamentos de no mínimo 11 acidentes ocorridos no raio de 10 metros em 2001	86
TABELA 11 - Resultado da Busca por Pontos Críticos no BDR de Acidentes de 2002....	87
TABELA 12 - Resultado da Busca por Pontos Críticos no BDR de Acidentes de 2003....	88
TABELA 13 - Agrupamentos no mínimo 11 acidentes ocorridos no raio de 10 metros em 2002	89
TABELA 14 – Agrupamentos de no mínimo 11 acidentes ocorridos no raio de 10 metros em 2003	90

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Média Espacial Móvel	51
Equação 2 – Índice Global de Moran	53
Equação 3 – Índice de Moran	55
Equação 4 – Índice de Vizinho Mais Próximo	59
Equação 5 – Distância Média do Vizinho mais Próximo	59
Equação 6 – Distância Aleatória do Vizinho Mais Próximo	60
Equação 7 – Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária	98
Equação 8 – Índice de Unidade Padrão de Severidade por Área.....	99
Equação 9 – Unidade Padrão de Severidade	99

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa.....	16
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	19
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	19
1.3 Estrutura do Trabalho	20
2. ACIDENTES DE TRÂNSITO	21
2.1 Considerações Iniciais	21
2.2 Tipos de Acidentes de Trânsito	23
2.3 Principais Causas dos Acidentes.....	24
2.4 Dados de Acidentes de Trânsito	26
2.5 Formas de Tratamento dos Acidentes.....	30
2.5.1 <i>Pontos Críticos de Acidentes</i>	31
2.5.2 <i>Segmento Crítico de Acidentes</i>	33
2.5.3 <i>Área Crítica de Acidentes</i>	33
2.5.4 <i>Solução-Tipo de Acidente</i>	34
2.5.5 <i>Solução por Tipo de Usuário</i>	34
3. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	36
3.1 Considerações Iniciais	36
3.2 Sistema de Informações Geográficas e Planejamento de Trânsito e Transportes	39
4. ANÁLISE ESPACIAL	42
4.1 Considerações Iniciais	42
4.2 Estatística Espacial	44
4.3 Análise Exploratória de Dados Espaciais	48
4.3.1 <i>Visualização de dados</i>	49
4.3.2 <i>Média Espacial Móvel</i>	50
4.3.3 <i>Índice de Moran (I)</i>	51
4.3.4 <i>Indicadores Locais de Associação Espacial</i>	53
4.3.5 <i>Diagrama de Espalhamento de Moran</i>	54
4.3.6 <i>Box Map e Moran Map</i>	56
4.3.7 <i>Agrupamentos Espaciais</i>	56
4.3.8 <i>Índice de Vizinho mais Próximo</i>	57
4.4 Aplicações da Estatística Espacial.....	58
4.4.1 – <i>Análise Espacial aplicado ao Trânsito e Transportes</i>	59
5. METODOLOGIA.....	63
5.1 – Preparação da Base de Dados	64
5.1.1 <i>Levantamento dos dados de acidentes</i>	64
5.1.2 <i>Análise de consistência e adequação dos dados de acidentes de trânsito</i>	64
5.1.3 <i>Análise da rede viária em ambiente SIG</i>	65
5.1.4 <i>Georreferenciamento dos acidentes de trânsito</i>	65
5.2 Análise de Padrões Pontuais.....	66
5.2.1 - <i>Identificação dos pontos críticos de acidentes</i>	66
5.2.2 - <i>Análise da distribuição dos acidentes por tipo de ocorrência</i>	67
5.3 Análise Espacial por Áreas	67
5.3.1 <i>Identificação das áreas críticas de acidentes de trânsito</i>	67
5.3.2 <i>Identificação das tendências de deslocamento dos acidentes</i>	67
6. ANÁLISE ESPACIAL DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO DE SÃO CARLOS....	70
6.1 – Preparação da Base de Dados	70
6.1.1 Análise de consistência e adequação dos dados	70
6.1.2 <i>Análise da rede viária em ambiente SIG</i>	73
6.1.3 <i>Georreferenciamento dos acidentes de trânsito</i>	75
6.2 Análise de Padrões Pontuais.....	83
6.2.1 <i>Identificação dos pontos críticos por número absoluto de acidentes</i>	83
6.2.2 <i>Análise da distribuição dos acidentes por tipo de ocorrência</i>	92
6.3 Análise Espacial por Áreas	97

6.3.1 <i>Identificação de Zonas Críticas</i>	98
6.3.2 – <i>Zonas de Transição</i>	107
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
8. REFERÊNCIAS	123
APÊNDICE	133

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 de investimentos adequados para a manutenção destas vias, levaram a uma rápida deterioração física das mesmas, causando assim, condições inseguras no trânsito.

No Brasil, 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 do número de viagens realizadas por carros e motocicletas (SIMÕES, 2001).

Assim, várias ações vêm sendo implementadas com o intuito de se reduzir os acidentes de trânsito no Brasil, tais como o PARE – Programa de Redução de Acidentes nas Estradas, instituído em 1993; o PBST – Programa Brasileiro de Segurança no Trânsito, instituído em 1996 e em 1999, e em 1998, com a aprovação da Lei 9503, que criou o Código de Trânsito Brasileiro – CTB. Este, determina em seu artigo 24 que as administrações municipais forneçam informações ao SINET – Sistema Nacional de

Estatísticas de Trânsito. Entretanto, Marin e Queiroz (2000) enfatizam que mesmo com a aprovação do Código de Trânsito, de 1998, a melhoria da segurança dos veículos e o incremento da fiscalização eletrônica, nada disso conseguiu fazer com que a mortalidade por acidentes de trânsito apresentasse-se importante redução; havendo inclusive um aumento no número de feridos.

Segundo Mantovani (2003), na década de 1990, o Brasil participava com aproximadamente 3,3% do número de veículos da frota mundial, mas era o responsável por 5,5% do total de acidentes fatais em todo o mundo. A Organização das Nações Unidas - ONU estipula como aceitável o índice de 3 mortos por 10 mil veículos/ano. Entretanto, em 2000, no Brasil, houve aproximadamente 6,8 mortos por 10 mil veículos/ano, enquanto que na maioria dos países desenvolvidos esse número não ultrapassou a uma morte por 10 mil veículos.

Desta forma, uma das maiores preocupações dos órgãos responsáveis pelo planejamento do trânsito, bem como pela comunidade científica que analisa tal problema, é encontrar soluções que possam reduzir esses números. Procurar entender esses eventos é uma forma de tentar preveni-los reduzindo assim os impactos gerados por eles.

Uma forma de se atingir esse objetivo é através da utilização de Sistema de Informações Geográficas – SIG associado a ferramentas de Estatística Espacial, podendo-se, dessa forma, compreender como ocorrem e quais as inter-relações entre os diversos tipos de acidentes de trânsito.

1.1 Justificativa

A redução do número de acidentes pode ser alcançada com a elaboração e execução de programas de segurança de tráfego contendo macros e micro-medidas. As macro-medidas são relacionadas aos programas de educação e fiscalização e as micro-medidas relacionam-se com situações locais específicas, abrangendo estudos e pesquisas de engenharia de tráfego (QUEIROZ, 2003).

Entretanto, para que essas medidas sejam implantadas, é necessário um profundo conhecimento das causas dos acidentes de 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.

Segundo Cardoso (1999), compreender os eventos e os fatores que influenciam na ocorrência de acidentes de tráfego em uma rede viária é extremamente difícil devido à quantidade elevada de fatores que se deve analisar. Ainda, segundo o 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.

Ao analisar os acidentes de trânsito, deve-se levar em consideração que suas ocorrências representam eventos espaciais, ou seja, eles possuem um sistema de coordenadas que podem ser localizadas no espaço, com locais com maiores e menores incidências num dado período, enquanto outros locais apresentam valores abaixo da média. Isso implica que os acidentes de trânsito, assim como outros fenômenos espaciais, dependem de correlações espaciais, que podem vir a fazer com que métodos estatísticos

tradicionais não elucidem todas as dúvidas dos mesmos (LEVINE & KIM, 1996; QUEIROZ, 2003).

Para Cardoso (1999), o uso do solo exerce grande influência nos eventos ocorridos no sistema viário, dentre eles os acidentes de tráfego. Portanto, ao se analisar a segurança viária, é imprescindível que se leve em consideração um componente espacial (localização) dos dados analisados. Para isso, necessita-se de um meio que possa congrega as informações de acidentes ocorridos na malha viária com as respectivas localizações.

Assim, a utilização de um SIG tem importância fundamental no estudo dos acidentes de trânsito, visto que com ele é possível associar os atributos de cada acidente de trânsito com suas respectivas localizações. Pode-se, desta forma, compreender as relações existentes entre os acidentes e o ambiente onde eles ocorreram, além da possibilidade de poderem ser utilizados métodos estatísticos tradicionais e avançados com a incorporação de componentes de análise espacial nos estudos de segurança viária.

No Brasil a análise espacial para tratamento da segurança viária foi usada primeiramente por Queiroz (2003). O autor utilizou a análise espacial para tratamento da segurança viária para o município de Fortaleza, uma cidade de grande porte do Estado do Ceará, na região nordeste do País. Esta cidade, com aproximadamente 2,3 milhões de habitantes (IBGE, 2005), atrai milhares de turistas todos os anos, e tem uma frota de aproximadamente 460 mil veículos (DENATRAN, 2005). Fortaleza traz ainda uma característica peculiar, visto que, por ser uma cidade litorânea, apresenta uma configuração de área central de forma diferente da maioria dos municípios brasileiros. A região denominada de “centro” fica próxima ao limite do município, e não na região central da mancha urbana, fazendo com que os estabelecimentos comerciais e de serviços se

localizem próximos às praias. Esta característica é própria de municípios litorâneos fazendo com que, em média, seja necessárias distâncias maiores de deslocamento dos moradores das regiões periféricas para poderem chegar ao “centro” da cidade.

Por outro lado, o município de São Carlos, objeto deste estudo, é considerado uma cidade de porte médio da região Sudeste do País, no interior do Estado de São Paulo, com aproximadamente 214 mil habitantes (IBGE, 2005), e com uma frota de aproximadamente 86 mil veículos (DENATRAN, 2005). O município apresenta configuração da área central de forma semelhante à da maioria das cidades brasileiras, com a região central da mancha urbana atraindo a maioria dos estabelecimentos de comércio e serviços. São Carlos ainda se destaca pela presença de duas universidades públicas, além das particulares, que atraem grande número de pessoas (e seus veículos), que transitam pelas ruas da cidade, mas que não estão registrados como moradores do município. Isto sugere que os números de moradores e veículos possam ser ainda maiores do que os oficialmente registrados.

Além de possuírem dimensões populacionais totalmente distintas, as duas cidades apresentam índices de motorização inversamente proporcionais ao seu número de habitantes. A cidade com menor população (São Carlos) é a que possui a maior frota relativa, 2,49 habitantes por veículos, enquanto que Fortaleza, de maior população, possui a menor taxa de motorização, 5,08 habitantes por veículos.

Diante disso, é possível verificar que as duas cidades possuem características diferentes entre si. Dessa forma, este trabalho pretende verificar se os resultados de deslocamento dos acidentes em Fortaleza, estudados por Queiroz (2003), ocorrem de maneira similar à cidade de São Carlos.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste trabalho podem ser descritos como: objetivo geral e específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é fazer uma análise dos acidentes de trânsito da cidade de São Carlos - SP, fazendo-se uso de Sistemas de Informações Geográficas associados a ferramentas de Estatística Espacial, partindo da verificação e identificação de tendências pontuais dos acidentes de trânsito até a verificação da ocorrência de áreas críticas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tem:

- ❑ Elaborar uma base de dados georreferenciada dos acidentes de trânsito do município do São Carlos;
- ❑ Identificar os pontos críticos de ocorrência de acidentes de trânsito;
- ❑ Analisar a distribuição espacial dos tipos de acidentes de trânsito através do uso de estatística espacial.
- ❑ Identificar as áreas críticas de acidentes de trânsito, tendo como limites de áreas a divisão proposta pelo Censo do IBGE;
- ❑ Identificar as tendências espaciais de crescimento dos acidentes de trânsito, através da comparação entre os anos de 2001 a 2003;

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi dividido em 7 capítulos, cujos conteúdos são descritos a seguir. O capítulo 1 contém os objetivos, a justificativa e a estrutura desta dissertação e é denominado de introdução.

O capítulo 2 apresenta uma visão dos acidentes de trânsito no Brasil e no mundo, descrevendo ainda os principais tipos, as principais informações, as formas de tratamento, definindo-se também os termos *pontos críticos* e *áreas críticas*.

No capítulo 3 é realizada uma apresentação da revisão bibliográfica sobre o tema Sistemas de Informações Geográficas, com uma ênfase maior em aplicações nas áreas de trânsito e transporte.

O capítulo 4 apresenta uma discussão sobre Análise Espacial, Estatística Espacial e apresenta, ainda, algumas das principais ferramentas de Estatística Espacial, onde são descritos alguns exemplos de utilização dessas ferramentas em aplicações de segurança viária e planejamento de transportes.

A descrição da metodologia desenvolvida para este trabalho, com informações sobre cada uma de suas etapas, estão no capítulo 5.

São apresentados, no capítulo 6, os resultados da aplicação da metodologia proposta no capítulo anterior, com algumas considerações sobre os acidentes de trânsito no município de São Carlos. O capítulo 7 apresenta as considerações finais do trabalho, enquanto que, no capítulo 8, estão relacionadas as referências bibliográficas. Adicionalmente, há um Apêndice, contendo informações complementares.

2. ACIDENTES DE TRÂNSITO

2.1 Considerações Iniciais

Os acidentes de trânsito vêm se tornando uma das maiores catástrofes do dos tempos atuais, devido ao elevado número de mortos e feridos que, a cada ano, entra para as estatísticas nacionais e internacionais.

No Brasil, segundo IPEA e ANTP (2003), o número de vítimas de acidentes de trânsito, em 2000, ultrapassou os 350.000, resultando em aproximadamente 20.000 mortes. Entretanto, ao se considerar que muitas das ocorrências de acidentes de trânsito não são registradas, por não se ter um acompanhamento dos feridos nos hospitais, esses números podem ser ainda maiores. E estes números vêm crescendo a cada ano, conforme pode ser observado na Tabela 1. De acordo com Carvalho Neto (1996), esse crescimento é perfeitamente sentido pelos profissionais da saúde, devido ao fato de que cada vez mais o trabalho assistencial por parte desses profissionais tem sido deslocado para o tratamento de vítimas agudas ou crônicas do trânsito e das demais violências.

TABELA 1 - Indicadores de Acidentes de Trânsito para o Brasil - 1961 a 2000

Ano	Número de Mortos	Número de Feridos
1961	3.356	23.358
1971	10.692	124.283
1981	19.782	243.001
1991	23.332	248.885
2000	20.049	358.762

Fonte: Adaptado de IPEA e ANTP (2003)

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; o acidente não evitável, é aquele onde, esgotadas todas as possibilidades de impedi-lo, ele ainda acaba ocorrendo.

Os acidentes de trânsito são eventos raros e aleatórios, que se originam a partir de diversos fatores inter-relacionados, consequência de uma situação onde ocorreram falhas de uma ou mais pessoas, envolvendo usuários do sistema de trânsito, resultando em ferimentos e danos materiais (Lupton¹ citado por CARDOSO, 1999; BASINGK, 1995). Entretanto, para Marín & Queiroz (2000), os acidentes de trânsito são, ao menos teoricamente, possíveis de serem previstos, 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. Isto provoca 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.

Neste ambiente de risco, os pedestres são os que mais sofrem com os acidentes de trânsito, devido ao fato de estarem mais expostos aos riscos de ferimentos e à diferença de força e matéria em relação aos automóveis. De acordo com NHTSA (1997),

¹ Lupton, K.; Jarrett, D.F.; Wright, C.C.; Mountain, L.J. e Fawaz, B.A. (1996) **A database for assessing the safety effects of highway improvements**. *Traffic Engineering and Control*, vol. 37, nº 5, pp. 321-326.

em 1994, 44% das vítimas fatais devido a acidentes de trânsito na Califórnia eram pedestres. De acordo com Lascala *et al.* (2000), nos Estados Unidos, os pedestres estão entre os grupos populacionais que mais morrem devido a acidentes de trânsito.

2.2 Tipos de Acidentes de Trânsito

Segundo Raia Jr. (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 àqueles que resultam em danos físicos, devido a quedas de pedestres e ciclistas em trânsito pelas vias públicas. O acidente de trânsito ocorre produzindo vítimas ou não; estas vítimas podem ser fatais ou não. Os acidentes sem vítimas ocorrem quando existe um choque de pelo menos um veículo, resultando em danos materiais. Já, o acidente com vítima, corresponde àquele 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 Jr., 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.

2.3 Principais Causas dos Acidentes

Os acidentes de trânsito, normalmente, ocorrem devido a fatores humanos, veiculares e viário-ambientais. Dentre as principais causas destes acidentes, destaca-se o fator humano como fator primordial. Entretanto, na maioria dos países em desenvolvimento, inclusive o Brasil, a falta de infra-estrutura adequada e as más condições das vias favorecem a ocorrência de acidentes, tornando uma combinação ainda mais perigosa quando associada ao desrespeito à sinalização e ao uso de bebidas alcoólicas.

Associados ao fator humano podem ser considerados a educação, o comportamento, o conhecimento da legislação, bem como as condições físicas e psicológicas do condutor. As condições físicas que mais podem atrapalhar o condutor: são o sono, a fadiga, o uso de álcool e de substâncias estimulantes. A distração ou tensão nervosa é considerada fator psicológico.

De acordo com NHTSA (1997), 32,7% dos pedestres envolvidos em acidentes fatais ocorridos, em 1996, nos EUA, tinham concentrações de álcool no sangue acima do permitido em vários estados. No Brasil, ainda não existe informação concreta sobre esses números devido à falta de exames clínicos e falta de preparo estrutural das instituições que prestam socorro às vítimas de acidentes de trânsito e, principalmente, à falta de obrigatoriedade de realização do exame. Gold (1998) afirma que muitos dos fatores humanos só poderiam ser descobertos com uma entrevista com o acidentado. Mantovani (2003), entretanto, critica esse tipo de pesquisa devido ao fato de poder ocorrer uma inverdade ou interpretação pessoal nas respostas obtidas do entrevistado.

Outro fator que tem importância na ocorrência do acidente de trânsito é o veicular, que engloba as condições de conservação dos veículos, podendo ser verificadas, por exemplo, através da revisão de freios, pneus, faróis e setas, limpadores de pára-brisas, etc. Além dessas, pode-se citar a falta no uso de equipamentos de segurança, tais como cinto de segurança para condutores e passageiros de veículos e ao uso de capacetes por motociclistas. Muitos motociclistas desaprovam o uso de capacetes; entretanto, um estudo recente realizado em Taiwan (Keng, 2005) indicou que cerca de 1.600 motociclistas morrem por ano naquele país, dos quais, 65% deles têm como causas de morte ferimentos na cabeça.

O fator veicular tem grande peso nos acidentes de trânsito ocorridos nos países em desenvolvimento, principalmente no Brasil, visto que grande parte da frota nacional destes países é composta por automóveis com muitos anos de uso. Esses veículos, em sua maioria, são utilizados pela população de baixa renda como alternativa ao sistema de transporte público coletivo, que muitas vezes é ineficiente nas grandes cidades.

Outro fator de grande influência na ocorrência de acidentes de trânsito é o fator viário e ambiental. Dentre os aspectos ligados ao fator viário, pode-se citar: a largura da via, a declividade, as condições do pavimento, a existência de sinalização horizontal e vertical, a visibilidade, o escoamento das águas pluviais, a iluminação, a regulamentação e tipo de fluxo. Podem ser citadas, ainda, a largura e as condições de conservação dos passeios públicos (INST, 1995). Já, o fator ambiental, pode estar associado com a incidência de raios solares, as chuvas fortes, neblinas ou a fumaça, que podem atrapalhar a visão de condutores e pedestres, dificultando a locomoção dos usuários do sistema viário. O uso e a ocupação do solo também é um aspecto que pode vir a contribuir para fazer

crescer o número dos acidentes de trânsito, através do aumento de volume de veículos e pessoas que procuram por áreas comerciais movimentadas (pólos geradores de tráfego).

Segundo Gold (1998), nas áreas urbanas existe uma concentração de acidentes nas regiões centrais, onde se localiza a maior parte das atividades de comércio e serviços. Entretanto, não se pode considerar que, nessas regiões, as condições de segurança no trânsito sejam menores do que em outras áreas, mas sim que, com um número elevado de fluxo de veículos, a possibilidade de ocorrer acidentes é maior. De acordo com CET (1979), os locais de maior frequência de acidentes não são necessariamente os locais de maior perigo, devido ao fato de que os locais com maior frequência de acidentes estão, em sua maioria, associados a locais com maiores volumes de tráfego. Nesses locais, a velocidade média dos veículos é menor, reduzindo, assim, a gravidade dos acidentes. Já, nos locais onde o volume de tráfego é menor, os veículos desenvolvem maiores velocidades, levando a acidentes com maiores gravidades.

2.4 Dados de Acidentes de Trânsito

Para que se possa diminuir os acidentes de trânsito, é necessário um profundo conhecimento sobre suas causas, afim de que se tomem medidas para mitigá-los ou mesmo evitá-los. Isto é possível através da coleta e gerenciamento das informações disponíveis sobre os acidentes de trânsito. Para que isso seja possível, faz-se necessária uma política para identificar e gerenciar toda a informação existente 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 trânsito em uma rede viária é extremamente complexo, devido à quantidade elevada de fatores que devem ser analisados. Ainda, segundo esse autor, é necessário um pleno conhecimento dos fatores que exercem influência na ocorrência de acidentes de trânsito 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 boletins 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 podem ser armazenados em dois tipos de bancos de dados: 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 eficiente 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.

Uma tarefa extremamente importante após o cadastramento dos dados é a análise de sua consistência, identificando as possíveis discrepâncias de alguns dados em relação aos demais, tais como meses ou dias com índice de acidentes muito superior à média. Neste caso, deve-se tomar cuidados especiais ao analisar esses dados, pois essas diferenças podem ser causadas por festividades de certas épocas do ano ou em comemorações sazonais. Um procedimento que pode vir a ajudar a identificar essas inconsistências aponta para a comparação entre os campos abaixo:

- a) Quantidade de condutores envolvidos não pode ser menor que a quantidade de acidentes;
- b) Quantidade de veículos envolvidos não pode ser menor que a quantidade de acidentes;

- c) Quantidade de vítimas não pode ser menor que a quantidade de acidentes com vítimas; e,
- d) Quantidade de veículos envolvidos não pode ser menor que a quantidade de condutores acidentados.

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.

De acordo com Cardoso (1999), para que os problemas de trânsito possam ser diagnosticados, é necessária uma base de dados que descreva todas as informações dos acidentes, sendo possível assim identificar suas causas. Quanto aos pontos críticos na malha viária, é necessário elaborar um estudo para identificar e diagnosticar estes locais problemáticos, que são aqueles com as maiores frequências de acidentes ou os locais onde ocorreram acidentes com vítimas fatais. Isto posto, para que seja possível identificar, diagnosticar e corrigir os locais problemáticos de acidentes, são necessárias as seguintes etapas metodológicas (CARDOSO, 1999; IHT² citado por QUEIROZ, 2003):

- a) **Coleta de dados:** consiste em coletar e armazenar os dados relativos aos acidentes, as condições e características das vias e os dados do tráfego;

² IHT – **Accident Reduction and Prevention**. Institute of Highway and Transportation. International Edition. Londres. Inglaterra. 1990.

- b) **identificação de locais problemáticos:** consiste em definir as áreas problemáticas através da recuperação dos dados dos acidentes, estabelecendo prioridades para essas áreas, considerando o tipo de cada região;
- c) **diagnóstico do problema:** consiste em analisar os locais críticos de acidentes através de estudo detalhado dos conflitos de tráfego e os relatórios de acidentes para determinar e reconhecer as possíveis correlações entre os fatores relevantes na sua ocorrência;
- d) **busca e avaliação de medidas corretivas:** consiste em determinar o conjunto de medidas que podem influenciar na redução dos acidentes através de avaliação financeira da relação custo/benefício e da seleção de medidas a serem adotadas.

2.5 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:

- 1) por ponto crítico;
- 2) por segmento crítico;
- 3) por área crítica;
- 4) por solução-tipo; e
- 5) 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.

2.5.1 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 comparada 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 (MT, 2002):

a) Técnica do Número de Acidentes.

Nesta técnica, são considerados somente os números de ocorrências em uma seção da malha, em um determinado período de tempo pré-estabelecido, definindo-se como locais críticos aqueles com quantidade de acidentes superior a média aritmética das ocorrências registradas em cada um dos locais em análise.

b) Técnica da Severidade de Acidentes

Esta técnica é um aprimoramento da anterior e considera a gravidade dos acidentes, associando a cada situação (com vítima fatal, com feridos ou com danos materiais) um determinado peso. Estes pesos podem ser estabelecidos, por exemplo, a partir da relação entre os custos atribuídos a cada tipo de severidade. Para a sociedade em geral, um acidente com vítima fatal (*AVF*) possui um custo econômico superior a um acidente com ferido (*ACF*), que por sua vez possui um custo econômico superior a um acidente com somente danos materiais (*ADM*).

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.

2.5.2 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 um ranking das vias mais perigosas do município de São Paulo.

2.5.3 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 e não possibilita um agrupamento em um ponto qualquer. Diante disso, não é adequada qualquer dos outros enfoques 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 de CET (2000), nos anos 1980, na área central de São Paulo, que ocupa menos de 1% da área total do município, ocorreram 17% dos atropelamentos. Esta concentração decorre, certamente, a partir do grande número de veículos e pedestres que circulam na região devido a concentração de atividades comerciais nesta área.

2.5.4 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 determinadas soluções foram implementadas com certo êxito. Como exemplos de soluções-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.

2.5.5 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. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

3.1 Considerações Iniciais

O termo Sistema de Informações Geográficas – SIG vem sendo largamente utilizado, ultimamente, para as operações que envolvam recursos tecnológicos associados a eventos espacialmente identificáveis. É indicado para uma série de aplicações que envolvam identificação, rastreamento, análises espaciais, levantamento e tratamento de informações e dados de maneira organizada. Dentre as várias definições de SIG encontradas na literatura, a seguir serão apresentadas algumas que ilustram bem essa tecnologia.

De acordo com Câmara *et al.* (1996), um SIG é um sistema de informação baseado em computador que permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados.

Segundo Antenucci *et al.* (1991), um SIG é um sistema de gerenciamento de informações capaz de coletar, armazenar, restabelecer informações baseadas em suas localizações, identificar locais dentro de um ambiente de modo a selecionar critérios específicos, explorar relacionamentos entre dados e facilitar a seleção e a transposição de dados para modelos específicos. Ainda de acordo com Antenucci *et al.* (1991), um SIG é um sistema computacional que armazena e une dados de atributos não-geográficos ou geográficos referenciados com feições de mapas, permitindo um grande número de processamentos e disposição de informações, produção de mapas, análises e modelagem.

Para Huxhold (1991), um SIG é um sistema de dados computadorizados para captura, armazenamento, recuperação e disposição de dados espaciais. Ainda, de acordo com o referido autor, a tecnologia SIG tem um vasto potencial, pois seus mapas e dados devem ser utilizados diariamente melhorando o serviço e as informações.

Para Teixeira & Christofolletti (1997), o SIG é um sistema de dados baseado em computador que permite analisar e manusear dados georeferenciados. E, segundo Raia Jr. (2000), um SIG é destinado ao tratamento de diversas fontes como mapas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar dados, informações e efetuar diversos tipos de análises.

De acordo com Meneguette (2003), o SIG é uma base de dados digital, de propósito especial, no qual um sistema de coordenadas espaciais é o meio primário de referência para armazenar e acessar as informações, requerendo um dispositivo de entrada dos dados, um sistema de armazenamento e recuperação, um sistema de transformação e análise, e um dispositivo de saída.

Esri (1996), empresa americana de fabricação de softwares para SIG, define um Sistema de Informações Geográficas como sendo uma coleção de software, hardware, dados geográficos e pessoais, com propósito de capturar, armazenar, atualizar, manipular e analisar eficientemente todas as formas de informações geográficas referenciadas.

Os SIG's podem ser baseados em duas estruturas de representação de dados espaciais, denominadas vetorial e raster. Na representação vetorial, um elemento é representado de forma a reproduzi-lo o mais próximo possível de sua forma real. Todos os elementos são representados de uma das três formas possíveis, ou seja, pontos, linhas ou polígonos. A representação raster é constituída de uma matriz de pequenos pontos ou

células, e a cada um deles são associadas as suas respectivas informações alfanuméricas. (HUXHOLD, 1991; CÂMARA *et al.*, 1996).

Um SIG é um sistema que agrega pessoal qualificado, equipamentos capazes de armazenar e recuperar dados, um software de gerenciamento de dados com capacidade para analisar, recuperar e imprimir dados, bem como realizar diversos tipos de análises espaciais destes dados através da relação topológica dos mesmos. Essa relação topológica é a forma como as estruturas vetoriais (figura 1), disponíveis na maioria dos SIG's (pontos, linhas e polígonos), se relacionam entre si, e são as bases para as funções avançadas de um SIG.

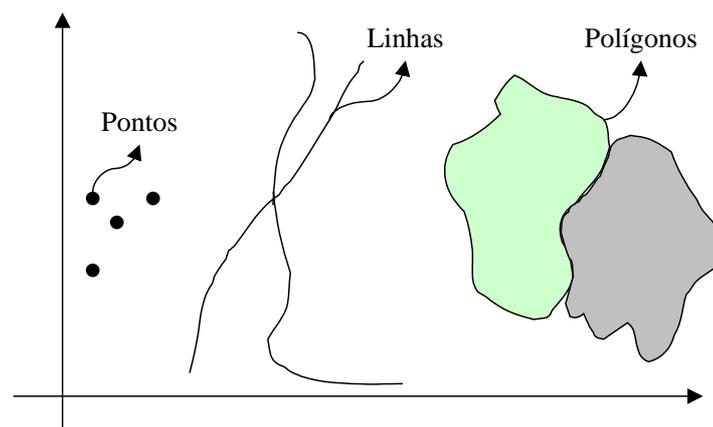


FIGURA 1: Estrutura vetorial presente na maioria dos SIG's

As ferramentas de análises espacial em um SIG são programas computacionais que manipulam e analisam informações geográficas. Geralmente, essas análises envolvem acesso a bancos de dados de atributos e cálculos matemáticos e utilizam os relacionamentos topológicos para processamento da base cartográfica (HUXHOLD, 1991).

Segundo Dantas *et al.* (1996), SIG é um sistema de informação diferente dos sistemas que o precederam, tais como os sistemas CAD's - Computer Aided Design, Sistemas de Cartografia Computadorizada, SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados e SSR – Sistema de Sensoriamento Remoto. Para estes autores, a capacidade de gerenciar grandes volumes de informações gráficas e alfanuméricas, de forma integrada, a partir de sua localização geográfica, é o que distingue um SIG de outros sistemas gráficos tradicionais.

Com o avanço tecnológico, esses sistemas vêm sendo sempre mais utilizados no tratamento de informações. Computadores pessoais passaram a processar cada vez mais, um número maior de informações favorecendo, assim, a utilização desses sistemas que, até há alguns anos atrás, eram somente possíveis através de grandes computadores (Mainframes). Atualmente, existe no mercado, uma infinidade de sistemas que atendem a diversos requisitos técnicos, podendo satisfazer a necessidades específicas de vários setores do conhecimento, tais como: planejamento ambiental, urbano e de transportes, demográfico, tratamento de imagens, gerenciamentos, etc.

3.2 Sistema de Informações Geográficas e Planejamento de Trânsito e Transportes

Nos últimos anos, vários departamentos de transportes, órgãos gestores e empresas vêm utilizando os SIG's para gerenciamento de dados e diversos tipos de planejamento, incluindo gerenciamento e manutenção de pontes e pavimentos, quantificação de impactos gerados pelos transportes, gerenciamento de riscos, análise de zonas de riscos, estudos de controle da qualidade do ar e poluentes, entre outros (FHWA, 2001).

Em engenharia de transportes, os SIG's desenvolvidos para fins específicos para a área recebem a denominação de SIG-T. Verificando-se os trabalhos realizados na área de transportes, podem ser observados vários campos de aplicação, tais como: operações de transportes, definição de padrões de acessibilidade, dentre outros.

Segundo Mantovani (2003), os sistemas de informações geográficas para transportes, SIG-T's, são sistemas adaptados com ferramentas específicas para auxiliar na resolução de problemas na área de transportes e trânsito. Possuem funções de modelagem e análise de dados que não são completamente preenchidas pela maioria dos SIG's comuns. Para Antenucci *et al.* (1991), os SIG-T's podem ser utilizados por vários setores, tanto público quanto privado, atendendo a órgãos gestores municipais, estaduais e federais, bem como empresas de transportes de cargas e passageiros, assim como por indústrias de diversos ramos.

O planejamento e a operação do sistema de transportes e trânsito são processos extremamente dinâmicos, que exigem ações rápidas e constantes alterações. O acompanhamento e gerenciamento destas modificações em tempo hábil podem ser facilitados com a utilização de um sistema que possibilite o cadastramento e a recuperação de informações com rapidez e segurança. Levine & Kim (1996) afirmam que são várias as razões para a utilização de um SIG para o planejamento de transportes e segurança viária; entretanto, as principais são a performance e a segurança que o sistema proporciona na análise dos dados em relação aos sistemas anteriores, visto que esses sistemas podem oferecer novos conceitos para a manipulação dos dados.

Os SIG-T's mais conhecidos e utilizados nas áreas de transporte e trânsito são os softwares TransCAD e UFOSNET. Destes SIG's, o TransCAD vem sendo o mais

utilizado em vários estudos sobre segurança viária, no Brasil, conforme pode ser evidenciado nos trabalhos de Cardoso (1999), Ferreira (2000), Raia Jr. & Souza (2000), Queiroz (2003), Mantovani (2003), dentre outros.

4. ANÁLISE ESPACIAL

4.1 Considerações Iniciais

A análise espacial é o estudo quantitativo de fenômenos que são possíveis de serem localizados no espaço, ou seja, o fenômeno estudado possui uma referência espacial ou geográfica. Para Câmara *et al.* (2002a), a ênfase da análise espacial é quantificar as propriedades e os relacionamentos dos dados espaciais que são definidos como quaisquer dados que possam ser caracterizados no espaço em função de algum sistema de coordenadas. A idéia central da análise espacial é incorporar o espaço à análise a que se deseja fazer.

Muitos dados de uso comum, tais como os dados censitários, possuem uma referência espacial que pode ser analisada estatisticamente. Entretanto, a característica fundamental da análise espacial é o uso explícito da referência geográfica no processo de coleta, análise e descrição dos dados. Desta forma, a análise espacial está centrada nos processos que ocorrem no espaço, buscando descrever e analisar como interagem e se correlacionam esses processos (KREMPI, 2004).

Para Câmara *et al.* (2002b), o fenômeno de autocorrelação espacial pode ser entendido como uma situação em que observações próximas espacialmente possuem valores parecidos, sendo o desafio da análise espacial medir este relacionamento. Nestes casos, pode-se associar “a primeira lei da geografia” de Waldo Tobler (1970)³, citado por

3 TOBLER, W.R. (1979) Cellular geography. In: GALE, S.; OLSSON, G., (eds.) *Philosophy in Geography*. Dordrecht, Holland, D Reidel Publishing Company. pp. 379-386.

Câmara *et al.* (2002a), onde todos os objetos relacionados no espaço são parecidos, porém objetos mais próximo se parecem mais do que objetos mais distantes.

De acordo com Kampel *et al.* (2000):

“A maioria dos conjuntos de dados espaciais, especialmente os obtidos a partir de levantamentos geo-demográficos e de saúde, não só apresenta autocorrelação espacial, como também exhibe padrões significantes de instabilidade espacial”

Anselin⁴, citado por Câmara *et al.* (2002a), divide as ferramentas de análise espacial em seleção, manipulação, análise exploratória e análise confirmatória. O processo de seleção envolve consultas a banco de dados, com resultados e procedimentos simples de amostragens, além de apresentar resultados gráficos (mapas e gráficos numéricos) apresentando estatística simples.

O processo de manipulação envolve ferramentas que criam dados espaciais, destacando as funções de agregação e desagregação espacial, geração de áreas de influência, sobreposição de camadas e permite a aplicação de álgebra de mapas; os processos de análise exploratória permitem descrever e visualizar as distribuições espaciais globais e locais, descobrir padrões de associação espacial (*clusters*), sugerir instabilidades espaciais (não-estacionariedade) e identificar situações atípicas (*outliers*). Como exemplo dessas ferramentas, pode-se ter as de vizinho mais próximo e os estimadores de Kernel. Wise *et al.* (1998), citado por Lopes (2003), afirmam que na análise exploratória os métodos são descritivos e não confirmatórios, com o intuito de confirmar padrões e estimar

⁴ ANSELIN, L (1999). Interactive techniques and Exploratory Spatial Data Analysis. In: P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire and D. Rhind (eds.), *Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications*. Cambridge: Geoinformation International, 1999.

modelos, havendo poucas transformações nos dados originais, salientando, ainda, que o uso de instrumentos computacionais gráficos são importantes, visto que são mais intuitivos que os métodos estatísticos tradicionais.

As técnicas de análise exploratórias são essenciais à modelagem estatística espacial. Já, a análise confirmatória agrupa os processos de modelagem, estimação e validação, necessários a implantação de análises multivariadas com os componentes espaciais (CÂMARA, 2002b; LOPES, 2005).

4.2 Estatística Espacial

A Estatística Espacial é um ramo da Análise Espacial. Wise *et al.*⁵, citado por Queiroz (2003), afirmam que a estatística espacial consiste no emprego de ferramentas analíticas de dados estatísticos relacionados a eventos espaciais com a finalidade de auxiliar o entendimento, controle e descrição de dados espaciais. Tem como objetivo principal caracterizar os padrões espaciais entre os dados. De acordo com Lopes (2005), a estatística espacial é o conjunto de técnicas, que inclui métodos estatísticos e que procura descrever a variação espacial do fenômeno em estudo, a partir de amostras disponíveis.

Assunção (2001) considera que a estatística espacial pode ser dividida em quatro categorias: Análises Pontuais, Análise de Dados em Áreas, Análise de Superfície, e Análise de Interação Espacial (redes).

⁵ WISE, S; HAINING, R.; SIGNORETTA, C. (1998). The Role of Visualization in the Exploratory Spatial Data Analysis of Area-based data. In: **Proceedings of the 3rd International Conference on Geocomputacion**. University of Bristol, United Kingdom.

Segundo Câmara *et al.* (2001), um padrão pontual representa um conjunto de dados, consistindo de uma série de localizações pontuais ($p_1, p_2 \dots p_n$) que indicam a ocorrência de eventos de interesse dentro da área de estudo, entretanto, somente os valores do evento são considerados e não a área de estudo.

O objetivo da estatística espacial por pontos é identificar se o conjunto de eventos apresenta algum tipo de padrão, buscando entender em qual escala esse padrão ocorre. Neste caso, alguns métodos são utilizados, como o *estimador de intensidade* (Kernel) e o de *vizinho mais próximo*. O estimador de intensidade tem como objetivo analisar o comportamento do padrão de pontos (KREMPI, 2004).

A análise espacial por áreas é utilizada quando se trabalha com dados que não se conhece sua posição exata, mas sim um valor agregado a uma área de um polígono. Estes casos ocorrem com grande frequência com fenômenos agregados por municípios, bairros ou setores censitários, como população, renda, educação, etc. Assim, como na distribuição por pontos, o objetivo da análise por áreas é identificar a existência de um padrão espacial (CÂMARA *et al.*, 2002a; ASSUNÇÃO, 2001).

A análise espacial por áreas apresenta alguns problemas quando se trabalha com dados socioeconômicos de levantamentos populacionais ou estatísticas de saúde, visto que, para preservar a identidade dos envolvidos esses dados, são agrupados em polígonos fechados onde se pressupõe uma homogeneidade dos dados. Câmara *et al.* (2002b) advertem que os critérios de agrupamento desses dados são políticos ou operacionais, não havendo qualquer garantia de que a distribuição desses dados seja homogênea.

Miller (1999)⁶, citado por Lopes (2005), salienta que dentre os problemas que podem aparecer quando se analisa dados agrupados em áreas é que as fronteiras entre as áreas apresentam uma descontinuidade, ou seja, normalmente os valores próximos às fronteiras tendem a ser semelhantes, porém, o valor de cada área é representado pela sua média, o que acaba distorcendo as análises da região. Dias *et al.* (2002) ainda alertam que em países com grandes contrastes sociais, como o Brasil, é freqüente que em uma mesma área estejam agregados grupos sociais distintos (favelas e áreas nobres) resultando em indicadores que representam a média da região. Um outro problema é a inter-relação entre a área de estudo e os resultados mensurados, chamado de efeito MAUP – (*Modifiable Area Unit Problem*) ou Problema de Unidade de Área Modificável – PUAM, em português. Dependendo da maneira com que essas informações forem agrupadas, é possível encontrar resultados diferentes simplesmente alterando as fronteiras dessas regiões. (CÂMARA *et al.*, 2002b; DIAS *et al.*, 2002).

A análise de superfície é uma técnica da análise espacial para eventos discretos, composta por dados que apresentam ocorrências pontuais, normalmente obtidos através de levantamentos de campo. Neste caso, se torna necessário um procedimento de interpolação para análise, sendo a *krigagem* o procedimento mais utilizado. As amostras de dados de superfície podem representar tanto variáveis naturais como vegetação, teor de argila no solo, etc, quanto dados socioeconômicos (CÂMARA *et al.*, 2002c).

Para Levine & Kim (1996), as estatísticas mais utilizadas para descrever tanto padrões pontuais quanto áreas, podem ser divididas em:

6 Miller H.J. (1999) Potencial Contribution of Spatial Analysis to Geographic Information Systems for Transportation (GIS-T), **Geographical Analysis**, 31, pp. 373-399.

- Medidas de distribuição espacial: descrevem o centro, a dispersão, direção e forma da distribuição de uma variável;
- Medidas de auto-correlação espacial: descrevem a relação entre as diferentes localizações para uma variável simples, indicando agregação ou dispersão; e
- Medidas de associação espacial entre duas ou mais variáveis: descrevem a correlação ou associação de variáveis distribuídas no espaço.

Para Anselin (1992), esses padrões espaciais podem causar problemas de mensuração, tais como a dependência espacial e heterogeneidade espacial, que podem vir a afetar a validade de métodos estatísticos tradicionais. Na estatística tradicional, a correlação é o grau de influência que uma variável tem sobre outra, com a intenção de avaliar quanto o valor de variáveis ditas independentes tem de influência sobre outras variáveis também ditas independentes. Caso a concentração de uma variável dependente cresça com o aumento da concentração da variável independente, tem-se uma correlação positiva. Caso essa correlação ocorra de forma inversa, tem-se uma correlação negativa. Se não existir uma relação quantificável, diz-se que elas são independentes ou não-correlatas.

Vários índices são normalmente utilizados na estatística espacial. Dentre eles, o de autocorrelação é o mais utilizado em ambiente SIG. A autocorrelação espacial surge sempre que o valor de uma variável espacial está relacionado com seu valor em outro ou em outros lugares do espaço. Este fenômeno pode ser entendido como uma situação em que observações próximas no espaço possuem valores similares. Neste caso, o desafio da análise é medir o grau de associação espacial entre observações de uma ou mais variáveis. Para KREMPI (2004), dois motivos podem induzir a ocorrência de autocorrelação espacial: a existência de erros de medidas ou a existência de fenômenos de interação espacial.

Os índices de autocorrelação efetuam o cálculo de um indicador definido pelo usuário, comparando o valor deste índice de cada localização com os valores encontrados nas localizações vizinhas.

4.3 Análise Exploratória de Dados Espaciais

Para Lopes (2005), a Análise Exploratória de Dados Espaciais – ESDA é uma técnica que descreve a distribuição dos dados espaciais, identificando localizações atípicas ou *outliers* espaciais, ou procurando descobrir padrões de associação espacial (*clusters*). Ainda de acordo com a autora, na técnica ESDA são encontrados três elementos básicos: matriz de proximidade espacial (W), vetor de desvios (Z) e vetor de médias (W_z). A matriz de proximidade espacial (W) estima a variabilidade espacial de dados em área. Na matriz de proximidade espacial W ($n \times n$) cada elemento W_{ij} representa uma medida de proximidade entre A_i e A_j , sendo A_i e A_j as zonas que estão sendo analisadas.

A figura 2 ilustra um exemplo simples de matriz de proximidade espacial, em que os valores dos elementos da matriz refletem o critério de adjacência (a valor é 1, se as áreas se tocam e 0, caso contrário).

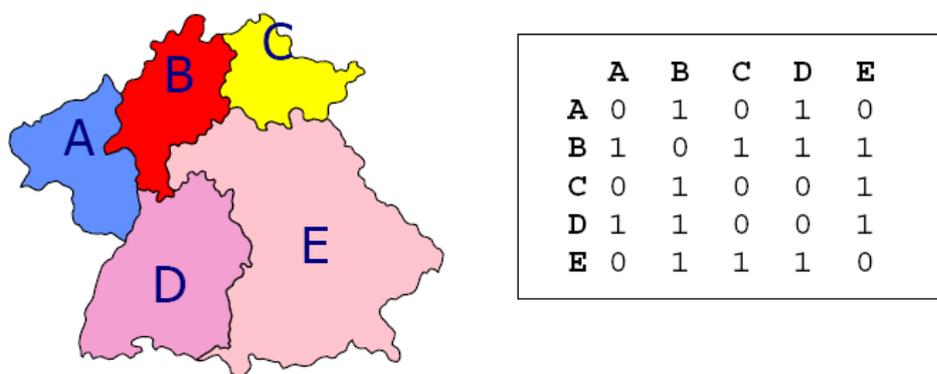


FIGURA 2 - Áreas e Matriz de Proximidade Espacial (Câmara *et al.* 1996)

De acordo com Kampel *et al.* (2000), esta proximidade espacial pode ser calculada a partir de um dos seguintes critérios:

- $W_{ij} = 1$, se o centróide de A_i está a uma determinada distância de A_j ; caso contrário, $W_{ij} = 0$;
- $W_{ij} = 1$, se A_i compartilha um lado comum com A_j ; caso contrário, $W_{ij} = 0$;
- $W_{ij} = l_{ij}/l_i$, onde l_{ij} é o comprimento da fronteira entre A_i e A_j , e l_i é o perímetro de A_i .

A seguir serão apresentadas algumas das principais ferramentas de análise exploratória de dados espaciais que permitem uma caracterização espacial sobre a ocorrência de determinados fenômenos espaciais.

4.3.1 Visualização de dados

A visualização dos dados é a apresentação dos atributos estudados por área usando mapas temáticos ou cloropléticos, verificando a influência e o comportamento que cada um dos eventos tem sobre os outros. Este tipo de apresentação é a forma mais simplificada de identificar valores extremos. Com o uso dessa ferramenta, pode-se elaborar vários mapas temáticos, modificando a quantidade de classes utilizadas e os valores de cada uma, com a finalidade de se obter uma visão dos atributos.

Atualmente, a maioria dos SIG's dispõe de ferramentas de geração de mapas temáticos variados, entretanto, deve-se avaliar cuidadosamente o resultado, pois estes mapas podem levar a interpretações distintas sobre objeto estudado. Mapas gerados com distribuição igual de polígonos podem dificultar a identificação de áreas críticas. visto que este tipo de agrupamento divide o número de polígonos em cada classe. Deste modo,

antes de elaborar qualquer tipo de mapa temático, deve-se analisar cuidadosamente o seu objetivo, ou seja, o que se quer apresentar.

4.3.2 Média Espacial Móvel

A média espacial móvel é um dos indicadores mais antigos e o mais utilizado para prever futuras tendências. A média móvel permite calcular o valor médio de uma variável num determinado período. O objetivo da média espacial móvel é identificar padrões e tendências dos dados espaciais, levando a uma apresentação mais suave das regiões de transição que os dados originais. Essa ferramenta tem por função identificar os locais de transição entre cada regime de dados. Para isso, a média espacial móvel tem como função identificar uma área que tenha valores menores ou maiores que os seus vizinhos e aumentar ou diminuir esses valores. Estas indicações também podem identificar locais de transição entre regime (QUEIROZ, 2003).

Considerando a matriz de proximidade espacial W , a estimativa da média espacial móvel é expressa como:

Equação 1

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} y_j}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

Onde:

μ_i = médias ponderadas;

$\sum_{j=1}^n w_{ij}$ = matriz de proximidade espacial; e

y_j = diferença entre o valor do atributo no local i e a média de todos os atributos.

A figura 3 identifica a concentração do índice de acidentes de trânsito na região central de Fortaleza, em 2001 e 2002, utilizando a ferramenta de estatística espacial média móvel. Na figura, pode ser identificada uma dispersão maior dos acidentes, em 2002, na região central, do que em 2001.

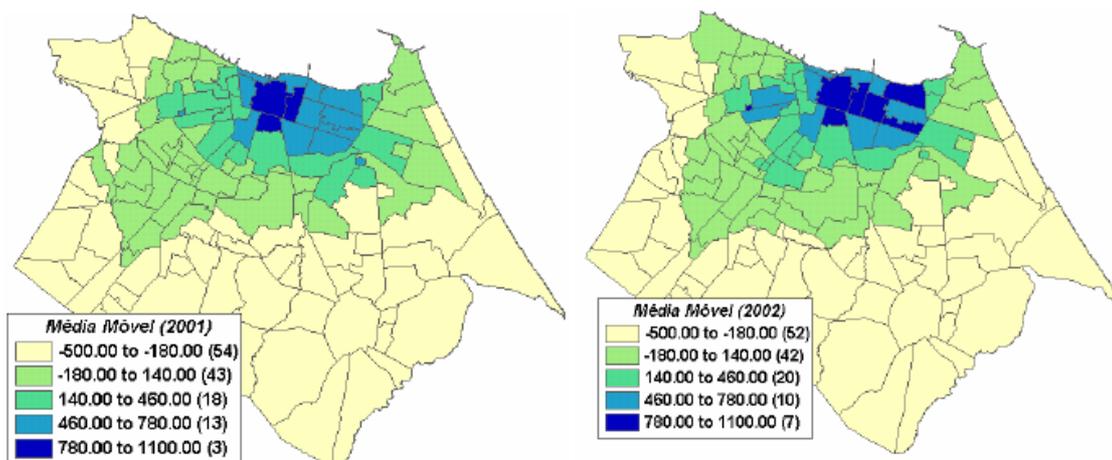


FIGURA 3 - Média móvel da taxa de acidentes de Fortaleza para identificação de crescimento (QUEIROZ, 2003)

4.3.3 Índice de Moran (I)

O Índice de Moran varia no intervalo de -1 a $+1$; os valores próximos a zero indicam ausência de correlação espacial (diferenças entre vizinhos), valores positivos indicam autocorrelação espacial positiva, ou seja, a existência de áreas com valores similares entre vizinhos e com negativos apresentando autocorrelação espacial negativa. O Índice de Moran é o mais utilizado quando se deseja um sumário da distribuição espacial dos dados e, se comparado aos indicadores comumente utilizados, ele incorpora uma dimensão bastante inovadora, pois ele testa até que ponto o nível de uma variável para uma área é similar ou não às áreas vizinhas.

BICHIR *et al.* (2004) exemplificam, de forma objetiva, o funcionamento do Índice de Moran (I) em estudo de segregação espacial realizado no município de São Paulo:

“... em situações em que não existe segregação, a distribuição da proporção de pobres (ou de qualquer outra variável de interesse, como concentração de negros) será uniforme em todas as áreas da cidade, isto é, se o percentual de pobres na cidade é de 30%, esta proporção será aproximadamente a mesma em todas as áreas do município e o Índice de Moran tenderá a zero. Em situações em que há segregação, as áreas com altas concentrações de pobres serão vizinhas entre si (assim como as áreas com alta concentração de não-pobres) e o Índice de Moran se aproximará de um.”

O Índice Global de Moran (I) é dado por:

Equação 2

$$I = \frac{n \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} y_i y_j}{\sum_{i=1}^n y_i^2}$$

Onde: I = Índice Global de Moran;

n = número de áreas;

w_{ij} = Pesos atribuídos conforme a conexão entre as áreas i e j ;

y_i = diferença entre o valor do atributo no local i e a média de todos os atributos; e

y_j = diferença entre o valor do atributo dos vizinhos do local i e a média de todos os atributos.

Para Kampel *et al.* (2000), os indicadores globais de autocorrelação espacial, como o Índice de Moran, fornecem um único valor como medida da associação espacial para todo o conjunto de dados, que tem como função caracterizar toda a região de estudo. Entretanto, em alguns casos é necessário examinar os padrões dos dados espaciais em uma escala maior de detalhe. Nestes casos, é necessária a utilização de Indicadores Locais de Associação Espacial – *LISA*.

4.3.4 Indicadores Locais de Associação Espacial

O Indicador Local de Associação Espacial (*LISA*) tem a função de produzir um valor específico para cada entidade em análise, permitindo, assim, a identificação de agrupamentos de objetos com valores de atributos semelhantes (*clusters*), objetos anômalos (*outliers*) e de mais de um regime espacial (Câmara *et al.*, 1996).

De acordo com Anselin (1995)⁷, citado por Kampel *et al.* (2000), um indicador local de autocorrelação espacial tem de atender a dois objetivos específicos:

- Permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos; e
- A soma dos indicadores de *LISA*, para todas as observações, deve ser proporcional ao índice global de associação espacial;

Atendidos esses objetivos, o índice local de Moran pode ser muito útil para gerar um mapa, indicando as regiões que apresentam correlação local significativamente diferente do resto dos dados. Estas regiões podem ser vistas como bolsões de não-estacionariedade, pois são áreas com dinâmica espacial própria e que merecem uma análise

⁷ Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association – *LISA*. *Geographic Analysis*, 27, p.91-114.

mais detalhada. Na geração do *Lisa map*, a avaliação de significância é feita comparando os valores adquiridos, com uma série de valores, obtidos através de permutações dos valores dos atributos vizinhos.

Os valores de significância são então classificados em quatro grupos: não significantes, com significância de 95%, com significância de 99% e com significância de 99,9%. A autocorrelação com significância superior a 95% indica, ao menos em princípio, áreas com grande semelhança entre seus vizinhos. Apesar da utilidade do Índice Local de Moran, ele apresenta alguns problemas de interpretação, em função de sua distribuição estatística não ser perfeitamente conhecida. É um dos índices mais difíceis de serem utilizados (KAMPEL *et al.*, 2000).

4.3.5 Diagrama de Espalhamento de Moran

A função do Diagrama de Espalhamento de Moran é comparar os valores normalizados de cada área (Z) com a média dos valores normalizados de suas áreas vizinhas (WZ). Desta forma, ele é capaz de visualizar a dependência espacial e indicar os diferentes regimes espaciais presentes nos dados (ANSELIN⁸, citado por QUEIROZ, 2003). O índice de Moran é dado por:

Equação 3

$$I = \frac{Z' \times W_z}{Z' \times Z}$$

onde: I = Índice de autocorrelação espacial;

Z' = é o vetor de desvios (t indica o vetor transposto); e

⁸ANSELIN, L. (1992). **Spacestat: User's Guide**. University of Illinois. Urbana – Champaign, Urbana. USA.
CAPÍTULO 4 ANÁLISE ESPACIAL

$W_z = \bar{z}$ é o vetor da média ponderada, onde cada vetor possui os valores médios dos vizinhos.

O diagrama é dividido em quadrantes (figura 4), com o objetivo de identificar pontos com associação espacial positiva (Q1, valores positivos e médias positivas; e Q2, valores negativos, médias negativas) e de indicar pontos de associação espacial negativa, ou seja, vizinhos que possuem valores distintos (Q3, valores positivos com médias negativas; e Q4, valores negativos com médias positivas).

Os pontos localizados nos quadrantes Q3 e Q4 podem ser vistos como extremos, tanto por estarem afastados da reta de regressão linear (cuja tangente é o Índice de Moran), como por indicar regiões que não seguem o mesmo processo de dependência espacial das demais observações. Essa ferramenta pode ser utilizada para a identificação de valores extremos, que não seguem o mesmo processo de dependência espacial. A presença de valores extremos pode significar problemas com a matriz de proximidade ou com a escala de observação dos dados, ou ainda indicar regiões de transição de regimes distintos (CÂMARA *et al.*, 1996; QUEIROZ, 2003).

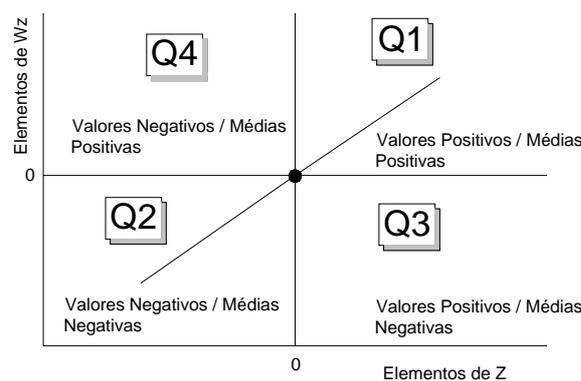


FIGURA 4: Diagrama de Espalhamento de Moran (adaptado de Câmara et. al. 2000a)

O Diagrama de Espalhamento de Moran também pode ser apresentado na forma de mapas temáticos, onde cada polígono é apresentado indicando-se seu quadrante no diagrama de espalhamento ou sobre a forma de um gráfico de barras, onde cada

polígono apresenta um gráfico com seu valor de Z , ao lado da barra com valor da média dos vizinhos W_z (KAMPEL *et al.*, 2000).

Ainda, de acordo com KAMPEL *et al.* (2000), existem duas maneiras de interpretar as informações do Diagrama de Dispersão de Moran:

- Identificação de “outliers” – pontos no diagrama que são extremos em relação à tendência central, no sentido em que não seguem o mesmo processo de dependência espacial como a maioria das outras observações; e
- Os pares (W_{y_i}, y_i) são computados para valores padronizados, e os valores alheios ao intervalo de 2 desvios-padrão são considerados “outliers”.

4.3.6 Box Map e Moran Map

Estes dois dispositivos gráficos de visualização são baseados nos resultados obtidos para os indicadores locais e do gráfico de espalhamento de Moran. No box map, cada objeto é classificado conforme sua posição em relação aos quadrantes do gráfico de espalhamento, recebendo uma cor correspondente no mapa gerado. No Moran map, de forma semelhante ao LISA map, somente os objetos para os quais os valores de LISA foram considerados significantes ($p > 0,05$), são destacados, porém, aparecem classificados em quatro grupos, conforme sua localização no quadrante do gráfico de espalhamento. Os demais objetos, ficam classificados como sem significância.

4.3.7 Agrupamentos Espaciais

Para a estatística tradicional, agrupamento é qualquer conjunto de dados resultantes de uma classificação que congrega eventos com características semelhantes. Já, o agrupamento espacial corresponde a qualquer conjunto de eventos (pontos, linhas e

polígonos) no espaço, em um determinado período de tempo. Os agrupamentos espaciais podem ser divididos em uma série de categorias, destacando-se algumas (NIJ, 2002):

- Localizações pontuais: calculam a quantidade de pontos em um local;
- Técnicas de particionamento: dividem os pontos em uma quantidade de grupos definida pelo usuário, onde cada ponto participa de somente um grupo;
- Técnicas hierárquicas: agrupam dois ou mais pontos de acordo com um critério especificado pelo usuário, para depois realizar novos agrupamentos, tendo como centro representativo os grupos iniciais. Vários critérios podem ser usados neste agrupamento, tais como: média de distâncias, medianas, vizinho mais próximo, etc; e
- Técnicas de variável de risco: identificam agrupamentos em relação a uma variável de risco.

4.3.8 Índice de Vizinho mais Próximo

O Índice de Vizinho mais Próximo é um método para descrever a distribuição espacial dos eventos pontuais. Sua função é calcular, para cada ponto estudado, a distância de cada outro ponto existente, selecionando sempre a distância mais próxima; calcula a média dessas distâncias, resultando na média de vizinho mais próximo observada. Logo após, deve-se calcular a distância média aleatória do vizinho mais próximo. O Índice do Vizinho mais Próximo (equação 4) é obtido pela comparação entre a distância média do vizinho mais próximo (equação 5) e a distância aleatória média do vizinho mais próximo (equação 6). Este índice é indicado para a realização de agrupamentos espaciais.

O Índice de Vizinho mais Próximo é dado por:

Equação 4

$$IVMP = \frac{D_p}{D_a}$$

Onde: $IVMP$: é o índice de vizinho mais próximo;

D_p : é a distância média do vizinho mais próximo observada; e

D_a : é a distância média do vizinho mais próximo aleatória.

A distância média do vizinho mais próximo é dada por:

Equação 5

$$D_p = \frac{\sum d_{\min}}{N}$$

Onde: D_p : é a distância média do vizinho mais próximo observada;

d_{\min} : é a distância mínima de um ponto a outro; e

N : é a quantidade de áreas.

A distância aleatória média do vizinho mais próximo é dada por:

Equação 6

$$D_a = 0.5\sqrt{A/N}$$

Onde: D_a : é a distância média do vizinho mais próximo aleatória;

A : é a área da região; e

N : é a quantidade de pontos.

4.4 Aplicações da Estatística Espacial

A estatística espacial vem sendo utilizada nos mais diversos setores, incluindo os estudos sobre agricultura, vegetação e solos (KAMPEL *et al.*, 2000; ORTIZ, 2004; LANDIM *et al.*, 2002; LOPES, 2003), mapeamentos de riscos e problemas de saúde (BAYLE, 2001; LOURENÇO & LANDIM, 2005, CARVALHO & SANTOS, 2005),

Informações de Segurança Pública (ANSELIN *et al.*, 2000; MURRAY *et al.*, 2001; ALMEIDA *et al.*, 2004, LIMA *et al.*, 2005), tratamento de informações socioeconômicas (BICHIR *et al.*, 2004), e no planejamento de transporte e segurança viária (LEVINE *et al.*, 1995a; LEVINE *et al.*, 1995b; LASCALA *et al.*, 2000; QUEIROZ, 2003; QUEIROZ & LOUREIRO, 2003; HENRIQUE, 2004; QUEIROZ *et al.*, 2004a; QUEIROZ *et al.*, 2004b; MELIKER *et al.*, 2004; KREMPI, 2004; LOPES e SILVA, 2004; LOPES, 2005; LOPES *et al.*, 2005).

4.4.1 – Análise Espacial aplicada ao Trânsito e Transportes

Após uma revisão na literatura sobre o uso de estatística espacial, foram encontrados diversos exemplos de sua utilização nas áreas de trânsito e transporte. Trabalhos como de Lascala *et al.* (2000), que utilizaram ferramentas de análise espacial, aplicadas à segurança viária, para identificar correlação espacial entre acidentes de trânsito com pedestres e densidade populacional da cidade de São Francisco, CA, EUA. Neste estudo, os autores concluíram que os acidentes de trânsito envolvendo pedestres nesta cidade tinham uma maior incidência nos locais com os seguintes aspectos: a) maior densidade populacional, b) maior quantidade de indivíduos do sexo masculino, c) maior taxa de desemprego, e d) menor taxa de escolaridade por parte dos moradores. Os autores afirmam ainda que nos locais com maiores taxas de desemprego, existe uma maior incidência de acidentes com pedestre, devido ao fato destes estarem mais dispostos a se locomover à procura de oportunidades de trabalho.

No Brasil, destacam-se os trabalhos realizados por Queiroz (2003), Queiroz & Loureiro (2003), Queiroz *et al.* (2004a), Queiroz *et al.* (2004b), na utilização de ferramentas de análise espacial para segurança viária. Nestes estudos, os autores utilizaram

várias ferramentas de análise espacial para identificação de regiões de transição e tendências espaciais de crescimento dos acidentes de trânsito para novas áreas (figura 5). Os autores também usaram ferramentas de agrupamentos espaciais para identificação de pontos críticos, através do número absoluto de acidentes de trânsito e também pelo grau de severidade dos mesmos.

Para esses autores, a utilização das ferramentas de análise espacial para tratamento da segurança viária é de grande valia, principalmente para a realização de agrupamentos de acidentes para a identificação de pontos críticos e identificação de tendências de crescimento. São um grande aliado na compreensão do fenômeno dos acidentes, podendo contribuir assim para sua redução.

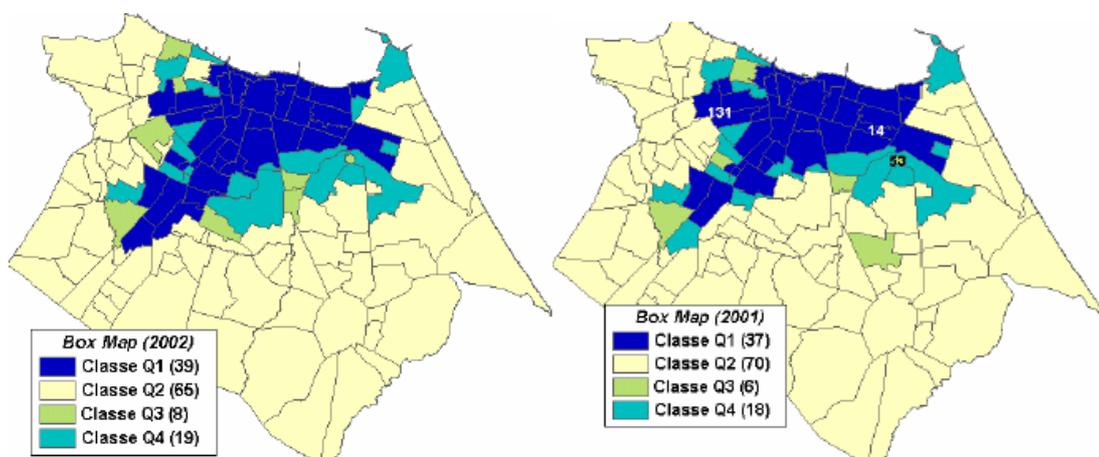


FIGURA 5: Identificação de Regiões de Transição com Ferramentas de Estatística Espacial (Queiroz, 2003)

QUEIROZ (2003) ainda afirma que as ferramentas de estatística espacial para tratamento da segurança viária, mostraram-se adequadas, podendo ser incorporadas ao estudo dos acidentes de trânsito, e servir de suporte ao planejamento de programas de redução de acidentes.

Na área de planejamento de transportes destacam-se os trabalhos realizados

por Krempi (2004), na utilização de ferramentas de estatística espacial para análise da acessibilidade do município de Bauru – SP. Os trabalhos realizados por Lopes & Silva (2004), Lopes (2005), Lopes *et al.* (2005), estudaram os efeitos da análise espacial nos modelos de previsão de demanda de transportes para o município de Porto Alegre – RS.

5. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido seguindo as etapas descritas na figura

6. Para melhor compreensão dessas etapas, cada uma delas será detalhada a seguir.

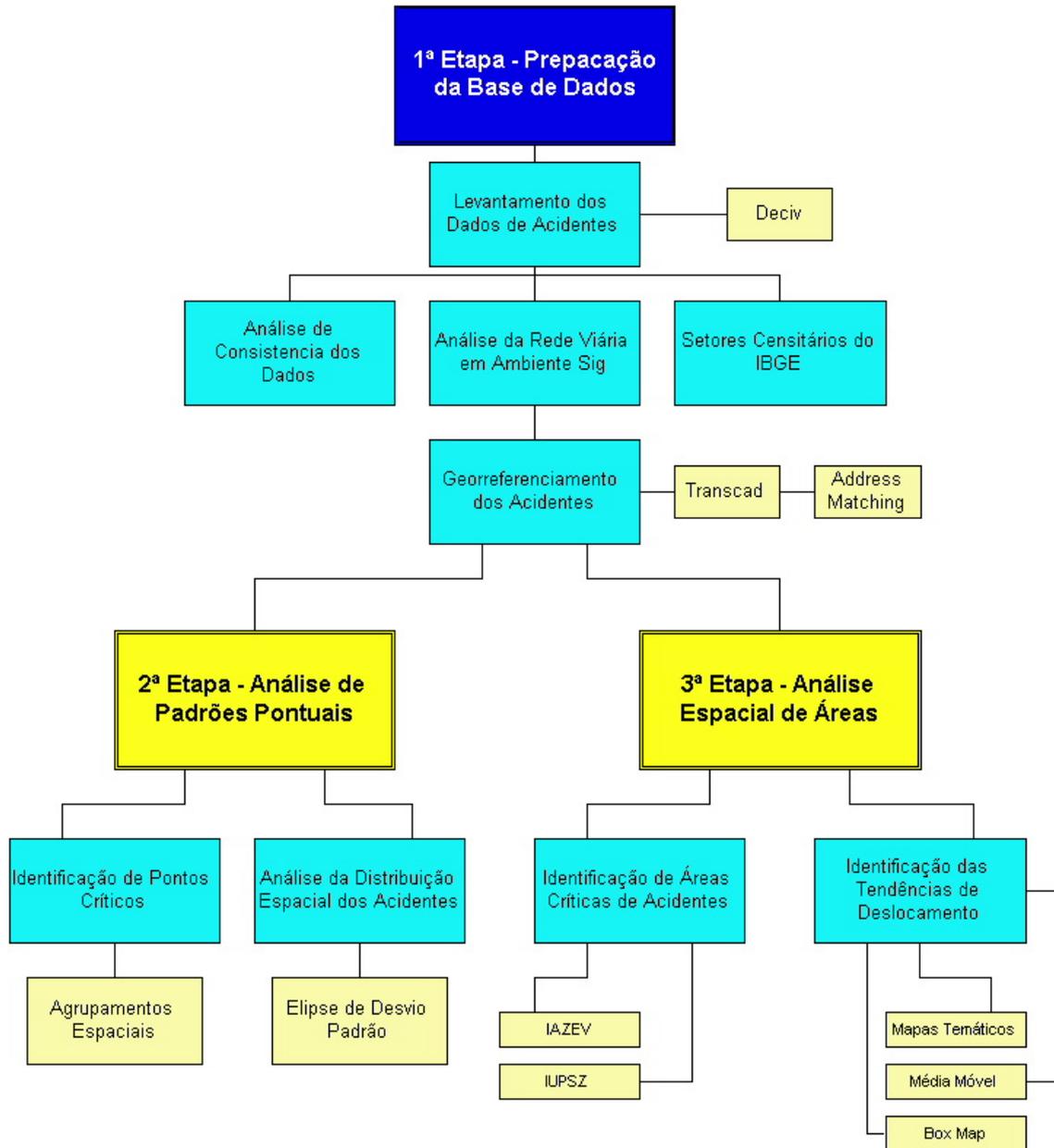


FIGURA 6 - Estrutura da Metodologia de Desenvolvimento do Projeto

5.1 – Preparação da Base de Dados

5.1.1 Levantamento dos dados de acidentes

O Banco de Dados de Acidentes de Trânsito do Município de São Carlos – SP foi elaborado por Raia Junior (2004), para a Prefeitura Municipal de São Carlos, com base em Boletins de Ocorrência de Acidentes de Trânsito, elaborados e disponibilizados pela Polícia Militar – PM. Estes BO's foram digitalizados em um banco de dados ACCESS.

5.1.2 Análise de consistência e adequação dos dados de acidentes de trânsito

Para a utilização dos dados de acidentes no desenvolvimento do projeto, eles passaram por uma análise a fim de se identificar prováveis inconsistências. Essa análise de inconsistência possibilitou encontrar possíveis equívocos registrados no momento de preenchimento ou digitação dos dados do BO para o banco de dados relacional. Alguns aspectos como a falta do número de vítimas em acidentes classificados como “acidentes com vítimas”, nomes de ruas com mais de um tipo de grafia, falta de padronização no tipo de colisão, etc., podem levar a resultados divergentes no processo de análise, inviabilizando seu uso em análises criteriosas, devendo ser corrigidos ou descartados.

Para efeito deste trabalho, foram considerados os acidentes ocorridos na mancha urbana, ou seja, nas vias contidas no perímetro urbano de São Carlos.

5.1.3 Análise da rede viária em ambiente SIG

A base cartográfica do município de São Carlos – SP, composta por sua rede viária, foi disponibilizada pelo DECiv – Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, e se encontra digitalizada no sistema TransCAD. Essa rede viária também foi submetida a uma análise de seus dados, com o intuito de se identificar possíveis divergências, tais como: i) eixos de logradouros desconectados ou duplicados; ii) falta de número identificador no eixo de logradouro; iii) falta de nomes da via; iv) nomes com grafia diferente daquela existente no banco de dados de acidentes, etc. Essa análise da rede viária é fundamental para realização do trabalho, visto que esses problemas podem interferir no georreferenciamento dos acidentes de trânsito.

5.1.4 Georreferenciamento dos acidentes de trânsito

Após a exportação dos dados de acidentes de trânsito do Banco de Dados Relacional para o TransCAD, inicia-se o processo de georreferenciamento dos acidentes. Esse processo consiste em associar os atributos de cada acidente constante no banco de dados relacional aos seus respectivos locais no mapa, representados por objetos do tipo pontos.

Em alguns trabalhos encontrados na literatura (LEVINE & KIM, 1996; CARDOSO, 1999; RAIA Jr. & SOUZA, 2000; FERREIRA, 2000, QUEIROZ, 2003; SANTOS & FERREIRA, 2003; MANTOVANI, 2003), são apontadas algumas formas de georreferenciamento, tais como: i) ponto a ponto; ii) aplicando rotinas disponíveis em pacotes de SIG (Address Matching); iii) utilizando programas elaborados por rotinas de programação, e iv) usando programas especializados.

Normalmente, os georreferenciamentos são realizados de duas formas básicas, uma automática disponível na maioria dos SIG's através da ferramenta “*address matching*”, e outra manual, ou seja, na identificação ponto a ponto de cada local de acidente, sendo esta utilizada na maioria dos trabalhos citados. Para esse trabalho, será utilizada a ferramenta “*address matching*”, disponível no TransCAD.

5.2 Análise de Padrões Pontuais

5.2.1 - Identificação dos pontos críticos de acidentes

A identificação dos pontos críticos de acidentes foi realizada através da utilização do software *Crimestat*. Essa ferramenta foi utilizada porque possui uma função de agregação de eventos pontuais, através de critérios estabelecidos pelo usuário. Para a utilização dessa ferramenta, é necessária a importação dos dados a serem analisados através de uma tabela contendo as coordenadas dos pontos e seus atributos. Os resultados gerados por esse software podem ser exportados para alguns SIG disponíveis no mercado.

Para a identificação dos pontos críticos de acidentes foram realizados alguns agrupamentos. Esses agrupamentos, além de contabilizarem a quantidade de acidentes ocorridos em um local, consideram também os acidentes que aconteceram em uma área ao seu redor. O tamanho dessa área é definido pelo usuário através dos valores da distância do raio e da quantidade mínima de acidentes, ou seja, qual o número mínimo de acidentes que podem estar contidos em um agrupamento.

O número mínimo de acidentes que poderia haver em um agrupamento foi definido através dos locais com mais de 10 acidentes, em um ano, utilizando a listagem do banco de dados relacional de acidentes de trânsito.

5.2.2 - Análise da distribuição dos acidentes por tipo de ocorrência

A análise da distribuição dos acidentes segundo o tipo de ocorrência foi realizada com o uso do conceito de *elipse de desvio padrão* de cada tipo de acidente, calculada pelo índice de vizinhos mais próximos dos acidentes, ocorridos nos períodos entre 2001 e 2003. Esse cálculo foi executado pelo software *Crimestat* e, buscou-se com essa ferramenta, mostrar a distribuição espacial dos tipos de acidentes, comparando cada um dos seus tipos no período de estudo. Desta forma, foi possível verificar como estão espacialmente distribuídos os tipos de acidentes na área urbana de São Carlos.

5.3 Análise Espacial por Áreas

5.3.1 Identificação das áreas críticas de acidentes de trânsito

Para a identificação dos acidentes por área, foram utilizados o IAZEV - *Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária* e o IUPSZ - *Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona*. A quantidade de acidentes em área por quilômetro de malha viária foi proposta por Queiroz (2003) e é calculada somando-se a quantidade de acidentes em uma área, multiplicando-os por 100 e dividindo o resultado pelo comprimento total da rede viária de cada área.

5.3.2 Identificação das tendências de deslocamento dos acidentes

Esta etapa foi realizada através da comparação da tendência espacial da ocorrência dos acidentes de trânsito, no período compreendido entre 2001 e 2003, através da utilização de mapas temáticos, utilizando intervalos de classes iguais, para cada ano. Esta etapa teve o objetivo de permitir a visualização do crescimento dos acidentes por meio da ferramenta de média espacial móvel e teve também o objetivo de identificar as regiões

de transição, com a utilização do Box Map.

Para a execução dessa tarefa, foram calculados os índices de acidentes para cada área, conforme atividade descrita no item anterior. Foi realizada a comparação entre as tendências de ocorrências de acidentes nos anos estudados, identificando-se, caso exista, a progressão (deslocamento) dos acidentes de trânsito de algumas regiões para outras da área urbana, procurando-se identificar as possíveis causas desse crescimento. A utilização da média móvel teve como função mostrar uma transição mais suave para a identificação das áreas críticas de acidentes de trânsito utilizando o número absoluto de acidentes e a unidade padrão de severidade.

Para atingir os objetivos deste trabalho, foram utilizados os softwares TransCAD 3.0, SPRING 4.2, CrimeStat 3.0 e o Banco de Dados ACCESS 2000. Estes softwares foram escolhidos por causa de algumas características específicas, que serão apresentadas a seguir, bem como a descrição de cada um deles.

O TransCAD é um Sistema de Informações Geográficas aplicado aos problemas de Transporte (SIG-T). Ele, além de incorporar as funções básicas de um SIG comum, possui ferramentas específicas para aplicações e soluções de problemas em transportes. Foi desenvolvido pela Empresa *Caliper Corporation*, em 1996. É uma importante ferramenta na manipulação de dados relacionados aos meios de transportes, fornecendo informações de localização, transferências, rotas, criação de mapas temáticos, além de permitir o intercâmbio com outros softwares. É, ainda, um excelente programa para trabalhar com dados relativos a transportes em redes, matrizes, sistemas de rotas e com dados de referência linear (LIMA *et al.*, 2003).

O SPRING é um SIG desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e já está em sua versão 4.2; é distribuído gratuitamente na internet. O SPRING possui funções de geoestatística, vários modelos de mapas temáticos, além da capacidade de trabalhar tanto com dados matriciais quanto vetoriais. O SPRING ainda possui uma linguagem de programação interna, que permite o desenvolvimento de rotinas específicas para elaboração de mapeamentos e análise, conforme o objetivo de cada usuário. Sua principal função neste trabalho foi efetuar os cálculos da análise espacial por áreas para cada ano de estudo.

O programa CrimeStat 3.0 foi desenvolvido por Levine (2002), para utilização pelo Ministério da Justiça dos Estados Unidos. O programa é baseado na estrutura Windows, possui interface com a maioria dos programas de SIG, através da importação de arquivos com extensão “dbf” e “shp”, bem como através da exportação de arquivos em formato numérico ou gráfico para diversos SIG's, tais como o Arcview, Mapinfo, Atlas*Gis e Surfer. O propósito deste software é prover ferramentas adicionais de estatística espacial. Este programa se destina à identificação dos locais críticos através de técnicas de agrupamento; possui, ainda, ferramentas de estatística espacial, tais como: centro médio e elipse de desvio padrão, assim como o índice de vizinho mais próximo.

O ACCESS é um banco de dados desenvolvido pela Microsoft, e integra um pacote de programas denominado OFFICE. A escolha desse programa foi feita devido a afinidade e conhecimento do mesmo pelo pesquisador e também pelo fato de ter sido utilizado para o banco de dados de acidentes de trânsito ocorridos no período de 2001 a 2003, elaborado por Raia Jr. (2004), para o município de São Carlos. Esse banco de acidentes foi desenvolvido através da consulta aos boletins de ocorrências – BO's, disponibilizados pela Polícia Militar de São Carlos.

6. ANÁLISE ESPACIAL DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO DE SÃO CARLOS

6.1 – Preparação da Base de Dados

6.1.1 Análise de consistência e adequação dos dados

Para a utilização dos dados de acidentes no desenvolvimento do projeto, eles passaram por uma análise a fim de se identificar possíveis inconsistências, permitindo encontrar equívocos registrados no momento de preenchimento ou digitação dos dados do BO para o banco de dados. Essa tarefa se dedicou a analisar os seguintes critérios:

- a) Identificar os registros com nome de ruas escritas com grafias diferentes, ou seja, um mesmo nome de rua escrito de formas diferentes;
- b) Identificar os registros de acidentes que não permitiam sua completa localização; e
- c) Identificar e excluir os registros com acidentes ocorridos fora da mancha urbana ou em rodovias, não contidos no objeto de estudo.

Essa análise de consistência da Base de Dados Relacional - BDR foi iniciada com a padronização dos nomes de logradouros, visto que, alguns deles apresentavam nomes escritos de formas diversas para um mesmo logradouro, dentro do próprio BDR e, principalmente, com os nomes de logradouros da Base de Dados Geográfica - BDG. No BDR foram encontrados diversos casos onde um “espaço” a mais ou a falta de um acento impediam a identificação correta do local do acidente pelo

TransCAD. O sistema “address matching” do programa procura por caracteres iguais para comparação e identificação. Isto pode ser observado no exemplo da tabela 2.

TABELA 2- Nomes de logradouros encontrados de forma divergente no Banco de Dados

1ª Forma encontrada	2ª Forma encontrada
Antônio <u>Martines</u> Carrera; Rua	Antônio <u>Martinez</u> Carrera; Rua
<u>Aquidabam</u> ; Rua	<u>Aquidaban</u> ; Rua
Benjamin Lopes <u>Osores</u> ,Dr; Rua	Benjamin Lopes <u>Ozores</u> ,Dr; Rua
Bernardino <u>Fernades</u> Nunes; Rua	Bernardino <u>Fernandes</u> Nunes; Rua

Estes problemas são comuns no preenchimento de BDR, principalmente quando se possibilita ao digitador o acesso completo às tabelas do BDR. Entretanto, isso pode ser facilmente corrigido através da criação de uma tabela de logradouros, contendo o nome de todas as ruas existentes, vinculada à tabela de BO's. A ela impo-se uma “restrição de integridade”, onde a inclusão do nome de logradouro na tabela de BO's só poderá ocorrer se este logradouro existir na tabela de logradouros (para maiores detalhes sobre esta restrição, consultar ELMASRI & NAVATHE, 2003 – pág. 18 – Volume I).

Durante a análise de consistência do BDR, foram encontrados vários registros com a identificação do local do acidente (rua_1, num ou rua_2) com campo em branco, conforme exemplo na tabela 3. No período de estudo, compreendido entre 2001 e 2003, 8% dos registros de ocorrência de acidentes de trânsito apresentavam, no campo referência, apenas o nome de um estabelecimento comercial em frente ao qual ocorrera o acidente. Para contornar esse problema, foi realizada uma seleção contendo os registros que se encaixavam nessa descrição e foi realizada uma busca na lista telefônica a fim de identificar o endereçamento correto do local do acidente.

TABELA 3 - Registros no Banco de Dados sem endereçamento correto

Rua_1	Num	Referência
Carlos,S; Rua		Em frente ao supermercado Jaú Serve
Geminiano Costa; Rua		Cruzamento com D. Pedro II
Carlos,S; Rua		Em frente ao Mc Donalds
Ø		Em frente a APAE

Todavia, durante esse processo, foram identificados vários casos onde o campo “referência” informava nomes de estabelecimentos comerciais que não foram encontrados na lista telefônica. Muitas vezes, o preenchimento do item “referência” no BO era feito com a descrição do nome fantasia do estabelecimento comercial em frente ao qual ocorrera o acidente. No entanto, em alguns casos, a lista telefônica constava apenas o nome da razão social do comércio ou mesmo o nome do seu proprietário. Nestes casos, não foi possível a utilização desses registros, devido à impossibilidade de localizá-lo corretamente.

Neste trabalho, também foram descartados os acidentes ocorridos em estradas vicinais ou dentro de áreas particulares. No primeiro caso, devido à dificuldade de localização dos locais onde ocorreram esses acidentes e também porque fugiam do escopo do presente trabalho. Já, no segundo caso, porque não seria de competência do poder público o tratamento deste local e sim do proprietário do estabelecimento. Como exemplo pode-se citar os acidentes ocorridos no estacionamento do Shopping Center. A Tabela 4 mostra um resumo do número de acidentes ocorridos no período de estudo.

Tabela 4 - Quantidade de Acidentes ocorridos no período de 2001 a 2003

Acidentes			
Ano	Total de Acidentes	Com Vítimas	Vítimas Fatais
2001	3771	910	4
2002	3490	812	4
2003	3419	869	7

Após a análise de consistência, foram selecionados os registros de acidentes que poderiam ser utilizados na análise e, descartados, aqueles que não seriam utilizados. A

Tabela 5 informa o número de todos os registros constantes no BDR, os totais que serão utilizados e excluídos.

Após realização da análise de consistência, foram então considerados aptos 83,7 % dos acidentes, de 2001; 87,8 % dos acidentes, de 2002, e 86,5 % dos acidentes ocorridos em 2003. Há que se lembrar que os registros excluídos neste trabalho foram os que se encontravam fora da área de estudo (zona rural, distritos e estradas municipais, rodovias e estacionamentos particulares) e com endereçamento inconsistente (locais sem numeração, sem nome da rua onde ocorreu o acidente e sem ponto de referência).

Tabela 5 - Total de Registros, Registros Utilizados e Excluídos

Ano	Total de Registros	Registros Utilizados	Registros Excluídos	Porcentagem Excluída
2001	3771	3154	617	16,3 %
2002	3490	3063	427	12,2 %
2003	3419	2992	499	13,5 %

6.1.2 Análise da rede viária em ambiente SIG

A base cartográfica do município de São Carlos – SP, composta por sua rede viária, foi disponibilizada pelo DECiv, e se encontra digitalizada no sistema TransCAD. Essa rede viária passou por uma análise de seus dados, com o intuito de se identificar possíveis divergências, tais como: i) eixos de logradouros desconectados ou duplicados; ii) falta de número identificador no eixo de logradouro; iii) falta de nomes da via; iv) nomes com grafias diferentes do que consta no banco de dados de acidentes, etc. Essa análise da rede viária é fundamental, visto que esses problemas podem interferir no processo de georreferenciamento dos acidentes de trânsito.

Durante o processo de análise da rede viária, foram identificados vários nomes de logradouros que não possuíam a mesma denominação daquelas que constavam no BDR. Desta forma, foi atribuída uma codificação seqüencial para cada logradouro constante na tabela do BDR e transferida para a tabela do BDG. Assim, cada logradouro da tabela do DBR passou a ter o mesmo código da tabela de logradouros do BDG. Esse processo foi necessário para que fosse possível realizar o georreferenciamento dos acidentes, processo que será abordado mais adiante.

Durante a análise do BDG, foram identificados também os logradouros que não possuíam denominação ou numeração de início e fim de quadra, visto que os nomes do logradouros, juntamente com o número da residência ou sua referência, são os elementos utilizados para a realização do georreferenciamento. Durante a verificação da vias no mapa, foram identificados que 14,08 % dos trechos de logradouros não possuíam os nomes de ruas (figura 7). Neste caso, foram priorizadas a atualização da região central da cidade e as ruas principais dos bairros, onde se estima que ocorra a maioria dos acidentes.

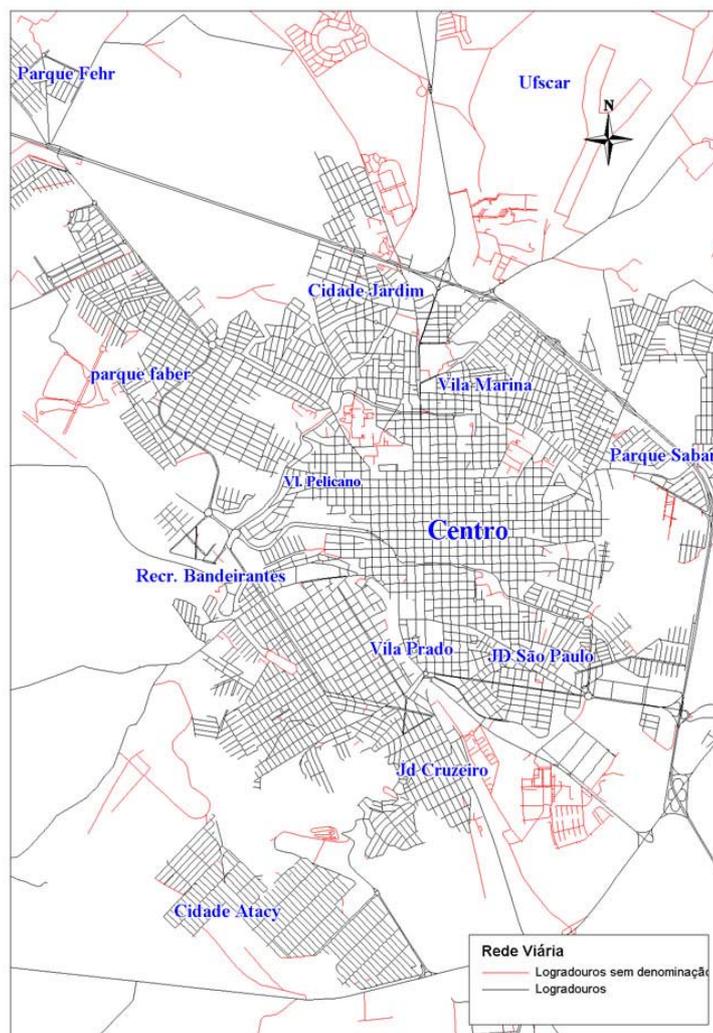


FIGURA 7- Logradouros sem os nomes associados

6.1.3 Georreferenciamento dos acidentes de trânsito

Após a análise e preparação dos dados, iniciou-se o processo de georreferenciamento dos acidentes. Esse processo 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 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, pois necessita uma rede de logradouros no BDG, contendo o nome da rua, seu código postal, o número inicial e final de cada quadra. Adicionalmente, requer uma tabela contendo o endereço dos objetos a serem georreferenciados, o nome do logradouro principal, o número ou o nome de dois logradouros; quando o evento corresponder a um cruzamento, e é necessário também o código postal para cada evento.

Para realização desta tarefa, foram geradas tabelas no formato de planilhas eletrônicas, para cada ano de estudo (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 6 ilustra um exemplo das modificações realizadas.

TABELA 6 - 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

Posteriormente, essas tabelas foram importadas pelo TransCAD, onde executou-se o processo de georreferenciamento. Finalizada a tarefa, o resultado obtido 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 ano que permitiu um maior percentual de acidentes georreferenciados foi 2003, com um total de 84,01%, seguido por 2002, com 82,29% e, 2001, com 78,94% (ver tabela 7).

TABELA 7 - Porcentagem de Acidentes Georreferenciados

Ano	Total de 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 problemas de endereçamento. 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 atingiram 421 registros, obtiveram uma taxa de georreferenciamento de 72,01% ou 299 ocorrências. Os acidentes com vítimas são os que requerem uma maior urgência no seu tratamento e redução, pelo fato de proporcionarem as maiores perdas (sociais e econômicas) à 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. A tabela 8 mostra o total de acidentes por grau de severidade ocorridos entre 2001 e 2003 e o total georreferenciado.

TABELA 8- Total de Acidentes Georreferenciados no Período por Grau de Severidade

Severidade	Acidentes georreferenciados
Danos Materiais	85,06 %
Com Vítimas Fatais	60,00 %
Com Vítimas não Fatais	79,64 %

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 de localização dos acidentes. A exceção ficou por conta de 2003, no aspecto 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 ou mesmo um melhor trabalho de preenchimento dos BO's. Deste modo, além da importância de se ter um banco de dados de acidentes de trânsito completo e constantemente atualizado, é desejável também ter pessoas capacitadas, treinadas e qualificadas para sua alimentação e gerenciamento, proporcionando, assim, melhores resultados nas análises dos acidentes.

O georreferenciamento das ocorrências deixou claro também que os acidentes ocorreram em quase toda malha viária da cidade, com uma concentração maior nas áreas centrais. A Av. São Carlos e a Av. Dona Alexandrina foram as vias onde ocorreu a maioria dos acidentes, 357 e 113, respectivamente, em 2001; 307 e 137, em 2002; e 294 e 117, em 2003, 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 vários pontos de comércio e serviços e gerando um grande volume de tráfego no seu dia a dia.

Os atropelamentos registrados no período de 2001 a 2003, ocorreram de forma dispersa por toda a mancha, ocorrendo tanto no centro quanto nos bairros mais afastados (figura 8). Foi possível notar, também, que em 2001, eles ocorriam com maior frequência nas vias centrais. Porém, em 2002 e 2003, eles passaram a ocorrer de forma mais dispersa na área urbana. Os acidentes com vítimas fatais, de 2001 a 2003, ocorreram somente em áreas periféricas da cidade (figuras 9 e 10). Conforme visto no capítulo 2, isso ocorre, provavelmente, devido às maiores velocidades dos automóveis, desenvolvidas nas áreas de menor circulação. Este fato, provavelmente, pode explicar os acidentes com maior gravidade nas áreas mais distantes do centro, onde há menor sinalização, fiscalização e há possibilidade de se desenvolver maiores velocidades.

Embora tenha-se conseguido um bom percentual de georreferenciamento dos acidentes, deve-se lembrar que 18,8% deles não puderam ser localizados por apresentarem incorreções ou deficiências nas informações que descrevem sua localização.

Um aumento no percentual de georreferenciamento pode ser melhorado através de uma maior conscientização e treinamento dos policiais militares e agentes de trânsito, responsáveis pelo preenchimento dos BO's e pelo treinamento e capacitação dos profissionais responsáveis pela inclusão das informações dos boletins de ocorrências no banco de dados.

As informações constantes nos BO's são de extrema importância para o tratamento dos acidentes, dentre elas, a localização, é muito significativa para análises posteriores e tratamento dos locais críticos.

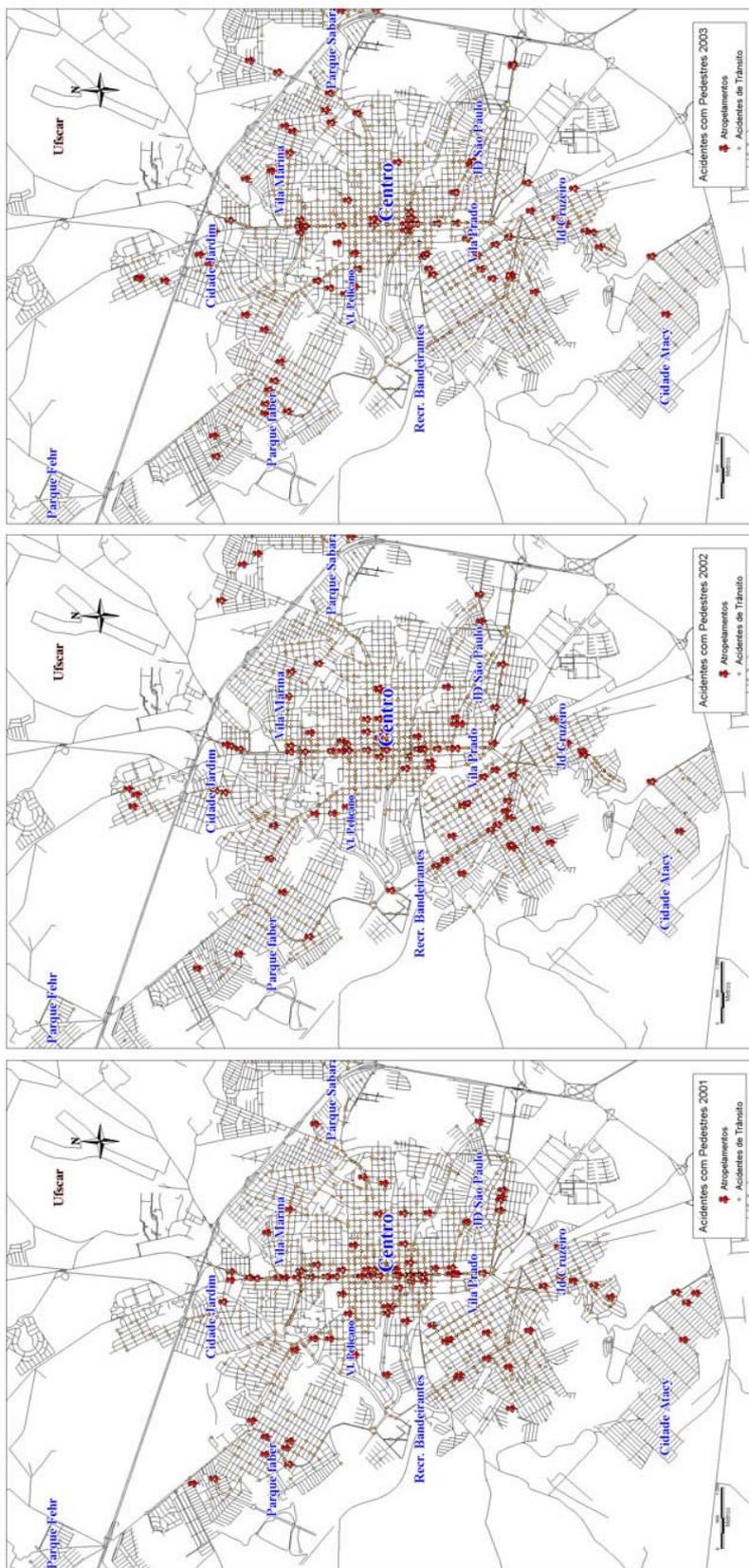


FIGURA 8 - Localização dos Atropelamentos de Pedestres em S.Carlos - 2001 a 2003

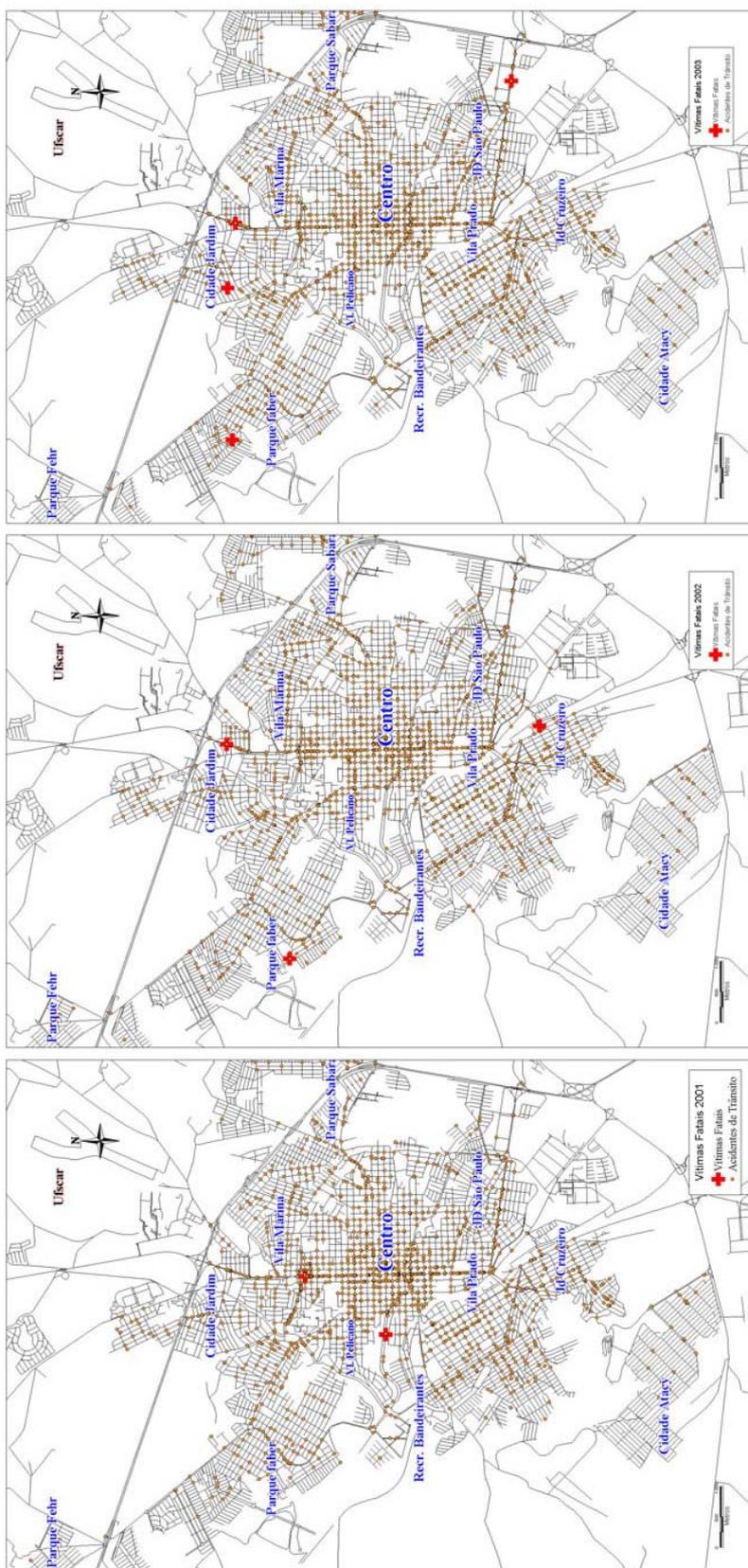


FIGURA 9 - Localização dos Acidentes Fatais, em S.Carlos - 2001 a 2003

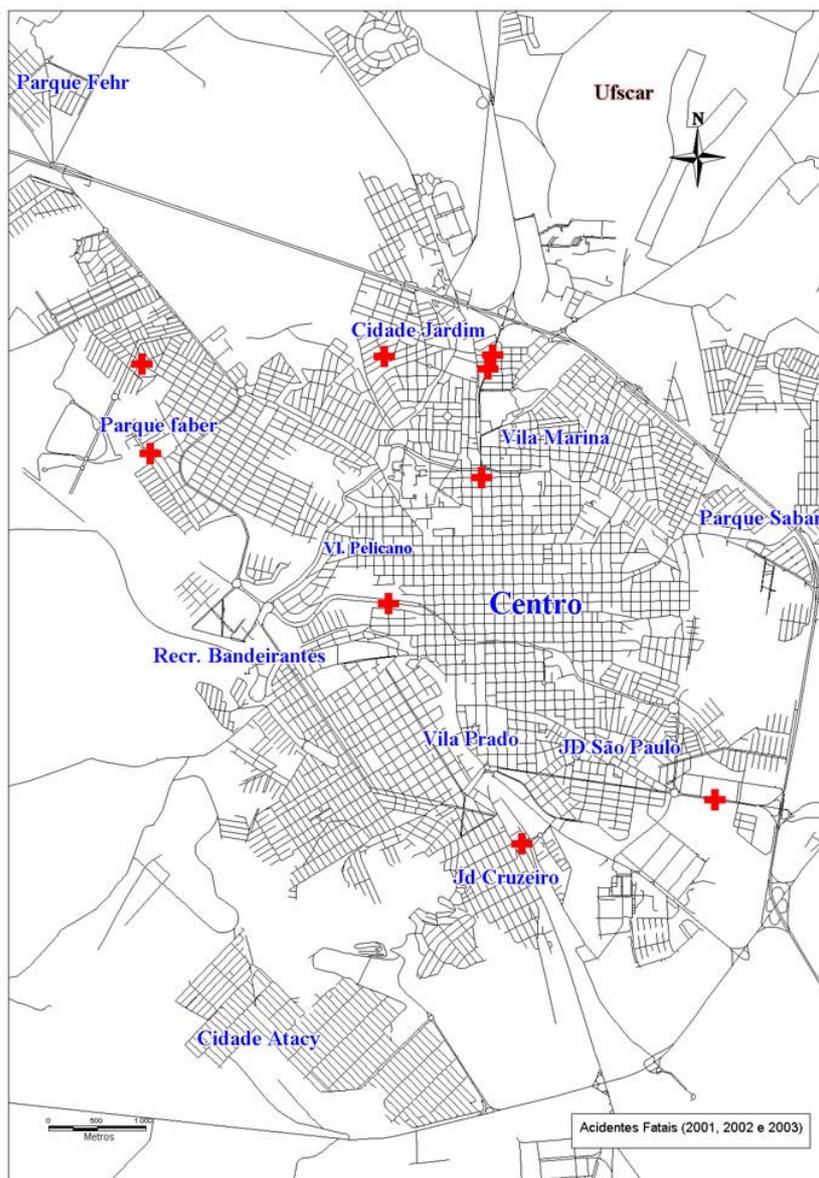


FIGURA 10 - Acidentes com vítimas fatais ocorrido, em S.Carlos - 2001 a 2003

A atualização constante da Base de Dados dos Logradouros Municipais também é importante, visto que as cidades são dinâmicas, havendo a criação de novas ruas e avenidas ao longo do tempo, bem como constantes mudanças de nomes de logradouros.

6.2 Análise de Padrões Pontuais

6.2.1 Identificação dos pontos críticos por número absoluto 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 quando comparados a outros locais, ou apresentam 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, o resultado da consulta seleciona somente os locais que têm a mesma descrição do local do acidente, não sendo possível identificar os acidentes que ocorrem ao seu entorno. Por exemplo, um acidente que ocorre na Av. B, a 10 metros de um cruzamento com a Rua A, em frente ao número 1000, 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; há casos, ainda, 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 no cruzamento da Rua 15 de Novembro com a Av. São Carlos, e 10 acidentes cadastrados no cruzamento da Av. São Carlos com a Rua 15 de Novembro. É óbvio que o cruzamento é o mesmo nos dois casos, entretanto, uma consulta simples ao BDR apontaria locais distintos. Seria necessária uma consulta mais avançada para se obter um resultado completo destes acidentes.

Para contornar este problema, 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 pré-determinada. Para a utilização dessa ferramenta, foram gerados arquivos com a extensão shapefile, do Arcview, contendo os acidentes de trânsito de 2001, 2002 e 2003. Eles foram georreferenciados usando-se o TransCAD, e importados pelo Crimestat.

Para a identificação dos pontos críticos de acidentes, foram realizados vários agrupamentos que, além de contabilizar a quantidade de acidentes em um local, considera também os acidentes que aconteceram em uma área a seu redor. O tamanho dessa área é definido pelo usuário, levando-se em conta números mínimos de acidentes nela contidos, obedecendo-se a uma determinada distância do local de referência.

Para cada ano considerado, foram elaborados agrupamentos alterando a quantidade de pontos e a distância limite onde estes pontos deveriam estar contidos. Gerou-se agrupamentos de 10 e 30 metros, com a quantidade mínima de 11 pontos. A definição da distância de 10 metros foi adotada para considerar que ela agrupa a maioria dos acidentes que ocorrem próximos à uma interseção, inclusive os atropelamentos em faixas de pedestres.

Desta forma, foi possível identificar um número maior de pontos críticos do que o que seria encontrado usando a consulta simples no BDR. Para 2001, por exemplo, a tabela 9 traz o resultado de uma consulta ao BDR, que identificou 14 interseções que registraram mais 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 9 representam a

mesma interseção, mas não foram agregados pelo BDR.

TABELA 9 - Resultado da Busca por Pontos Críticos no BDR de Acidentes de 2001

Ordem	Rua 1	Rua 2	Total de Acidentes
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
6	Carlos Botelho,Dr; Avenida	Episcopal; Rua	11
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
13	Episcopal; Rua	Carlos Botelho,Dr; Avenida	10
14	Carlos,S; Avenida	Alberto Mendes Jr.,cap; rua	10

Após a realização do agrupamento de no mínimo 11 acidentes ocorridos em uma área de raio 10 metros, foram identificados 30 pontos com no mínimo 11 acidentes. Com isto, a ordem hierárquica dos pontos críticos da tabela 9 foi totalmente alterada. O cruzamento da Av. São Carlos com a Rua Capitão Alberto Mendes Júnior, que aparecia em último, com 10 acidentes, passou para o primeiro lugar, com 23 acidentes. Segue a interseção da Av. Dr. Carlos Botelho com Rua Episcopal, que apresentava 11 acidentes no BDR, passando a ter 22, quando se considerou 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 usuários das vias urbanas cresce. Este é um dos motivos pelo qual a maioria dos acidentes de trânsito

ocorrere nas áreas centrais da cidade.

É possível notar que, algumas interseções que não apareciam na lista de pontos críticos gerada pelo BDR apresentaram um número considerável de acidentes, como por exemplo, a interseção da Av Trabalhador São Carlense com a Av Episcopal, com um total de 18 acidentes, em 2001. É importante lembrar que, dos 30 pontos críticos localizados com a técnica de agrupamento, 11 se referem ao caso de nomes de ruas com ordem inversa, conforme exemplo da tabela 9 (linhas 6 e 13). Os restantes (19 grupos), foram gerados pelo somatório dos acidentes ocorridos em uma área com raio mínimo estabelecido. A tabela 10 mostra os 10 primeiros pontos críticos gerados pelo agrupamento; a lista completa, 30 pontos localizados, pode ser consultada no Apêndice 1.

TABELA 10 – Agrupamentos de um Mínimo 11 Acidentes em Área de Raio 10 m, em 2001

Ordem	Address	Quantidade de Acidentes
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
5	Av São Carlos and Rua 15 de Novembro	18
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 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). As tabelas 11 e 12 mostram, respectivamente, os pontos críticos de acidentes selecionados pela consulta ao BDR. Nestas tabelas, é possível notar que são poucas as interseções que se destacam no número

de acidentes. Entretanto, após a realização do agrupamento mínimo de 11 pontos em 10 metros, é possível notar que os resultados apresentam novos locais, com um número significativo de acidentes de trânsito. Um total de 31 pontos críticos foi localizado em 2002 e, 34, para 2003. As tabelas 13 e 14 indicam os 10 pontos críticos mais importantes para os anos de 2002 e 2003. A lista completa pode ser encontrada no Apêndice 1.

TABELA 11 - Resultado da Busca por Pontos Críticos no BDR de Acidentes de 2002

Ordem	Rua 1	Rua 2	Total de Acidentes
1	Getúlio Vargas; Avenida	Amadeu Amaral; Rua	13
2	Miguel Petroni; Rua	Flamboyants, Passeio	12
3	Carlos,S; Avenida	Raimundo Corrêa; Rua	11
4	Carlos,S; Avenida	Quinze De Novembro; Rua	10
5	Quinze De Novembro; Rua	Joaquim,S; Rua	10
6	Quinze De Novembro; Rua	Alexandrina,Da; Rua	10
7	Getúlio Vargas; Avenida	Alcindo Carlos Veloso Siqueira,Mons; Rua	9
8	Flamboyants, Passeio	Miguel Petroni; Rua	9
9	Paulo,S; Rua	Teixeira,Pe; Rua	9
10	Quinze De Novembro; Rua	Episcopal; Rua	9

Novamente, em 2002 e 2003, a maioria dos novos pontos encontrados está relacionada ao caso de nomes de ruas com a ordem inversa, no BDR, que podem ser identificados nas linhas 1 e 3 da tabela 12. Em casos onde a utilização de um BDG 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 do sistema viário em questão. No caso de interseções de duas vias de mesma hierarquia, a inclusão poderia ser feita sempre por ordem alfabética, mitigando, assim, esse tipo de problema.

TABELA 12 - Resultado da Busca por Pontos Críticos no BDR de Acidentes de 2003

Ordem	Rua_1	Rua_2	Total de Acidentes
<i>1</i>	<i>Episcopal; Rua</i>	<i>Jesuino De Arruda; Rua</i>	<i>18</i>
2	Carlos,S; Avenida	Quinze De Novembro; Rua	17
<i>3</i>	<i>Jesuino De Arruda; Rua</i>	<i>Episcopal; Rua</i>	<i>12</i>
4	Carlos,S; Avenida	José Inácio,Maj; Rua	12
5	Getúlio Vargas; Avenida	Amadeu Amaral; Rua	11
6	Quinze De Novembro; Rua	Episcopal; Rua	10
7	Carlos Botelho,Dr; Avenida	Joaquim,S; Rua	10
8	Carlos Botelho,Dr; Avenida	Episcopal; Rua	10
9	Quinze De Novembro; Rua	João Seppe,Mto; Rua	9
10	Manoel Antônio Mattos,Maj; Rua	Alfredo Maffei,Comend; Avenida	9

Ao se efetuar a comparação dos pontos críticos no período em estudo, deve-se ater a dois fatos importantes: i) a constante permanência de interseções entre as que ocorrem mais acidentes; ii) ao crescimento acelerado de acidentes em uma interseção de um ano para o outro.

No primeiro caso, atenção deve ser dada à interseção da Avenida São Carlos e Rua 15 de Novembro. Esse cruzamento aparece entre os mais críticos nos 3 anos considerados, apresentando, ainda, um aumento considerável no número de acidentes no último ano. Esse local registrou 18 acidentes, em 2001, subindo para 32 acidentes, em 2003; neste ano, o tipo mais significativo de acidente, neste cruzamento, foi colisão traseira.

TABELA 13 - Agrupamentos de um Mínimo 11 Acidentes em Área de Raio 10 m, em 2002

Ordem	Address	Total de Acidentes
1	Av São Carlos and Rua 15 de Novembro	23
2	Rua 15 de Novembro and Episcopal	20
3	Av Getulio Vargas and Rua Amadeu Amaral	18
4	Rua 15 de Novembro and Rua D. Pedro II	17
5	Rua 15 de Novembro and Rua São Joaquim	17
6	Av São Carlos and Rua Bento Carlos	17
7	Av São Carlos and Praça Itália	16
8	Av São Carlos and Rua Raimundo Correia	16
9	Av São Carlos and Carlos Botelho	15
10	Rua São Paulo and Rua Padre Teixeira	14

No segundo caso, crescimento acelerado de acidentes, a situação que mais chamou a atenção foi o aparecimento da interseção entre a Rua Jesuíno de Arruda com a Rua Episcopal. Esse cruzamento não aparecera entre os 30 mais críticos, em 2001 e 2002 (ver Apêndice), entretanto, em 2003, ele aparece em primeiro lugar em número absoluto de acidentes de trânsito, com um total de 40 acidentes. Desse total, 29 foram do tipo colisões transversais, tendo como prováveis causas, a desobediência à sinalização, segundo descrição contida nos Boletins de Ocorrência da Polícia Militar.

No caso desta interseção, deve ser feito um estudo criterioso para avaliar os motivos do grande aumento no número de acidentes de trânsito. Alguns aspectos podem ser estudados, tais como: implantação de pólos geradores de tráfego no local ou adjacências, alteração geométrica no cruzamento, implantação ou retirada de sinalização eletrônica, algum tipo de mudança em interseções próximas, que proporcionaram um deslocamento desses acidentes para o cruzamento em questão. Há casos em que em uma melhoria na fluidez do tráfego na interseção pode provocar um afunilamento em pontos

mais a frente, proporcionando novos conflitos ou ampliando os já existentes, resultando em novos acidentes de trânsito.

TABELA 14 – Agrupamentos de um Mínimo 11 Acidentes em Área de Raio 10 m, em 2003

Ordem	Address	Total de Acidentes
1	Rua Episcopal and Rua Jesuíno de Arruda	40
2	Av São Carlos and Rua 15 de Novembro	32
3	Av Comendador Alfredo Maffei and Av Francisco Pereira Lopes	24
4	Rua 15 de Novembro and Rua Episcopal	21
5	Av Francisco Pereira Lopes and Miguel Petroni	20
6	Av São Carlos and Rua Major Jose Inácio	18
7	Rua DA Alexandrina and Rua Conde do Pinhal	16
8	Av Dr Carlos Botelho and Rua São Joaquim	16
9	Rua 15 de Novembro and Rua 9 de Julho	16
10	Rua Candido Padim and Rua DA Ana Prado	16

Na figura 11 pode-se visualizar os pontos críticos de acidentes entre 2001 e 2003. Em 2001, é possível notar que a maioria dos pontos está localizada em interseções da região central da cidade. Entretanto, em 2002, há um aumento de pontos críticos em direção a área sul e sudoeste da mancha urbana de São Carlos, próximos aos bairros Jardim São Paulo, Vila Prado e Recreio Bandeirantes, mais precisamente na Av Getúlio Vargas. Em 2003, houve o surgimento de pontos críticos na Av Grécia. Isso confirma Queiroz (2003) que afirma que os acidentes de trânsito estão ficando, a cada ano que se passa, cada vez mais espalhados pela cidade, como foi o caso de Fortaleza – CE.

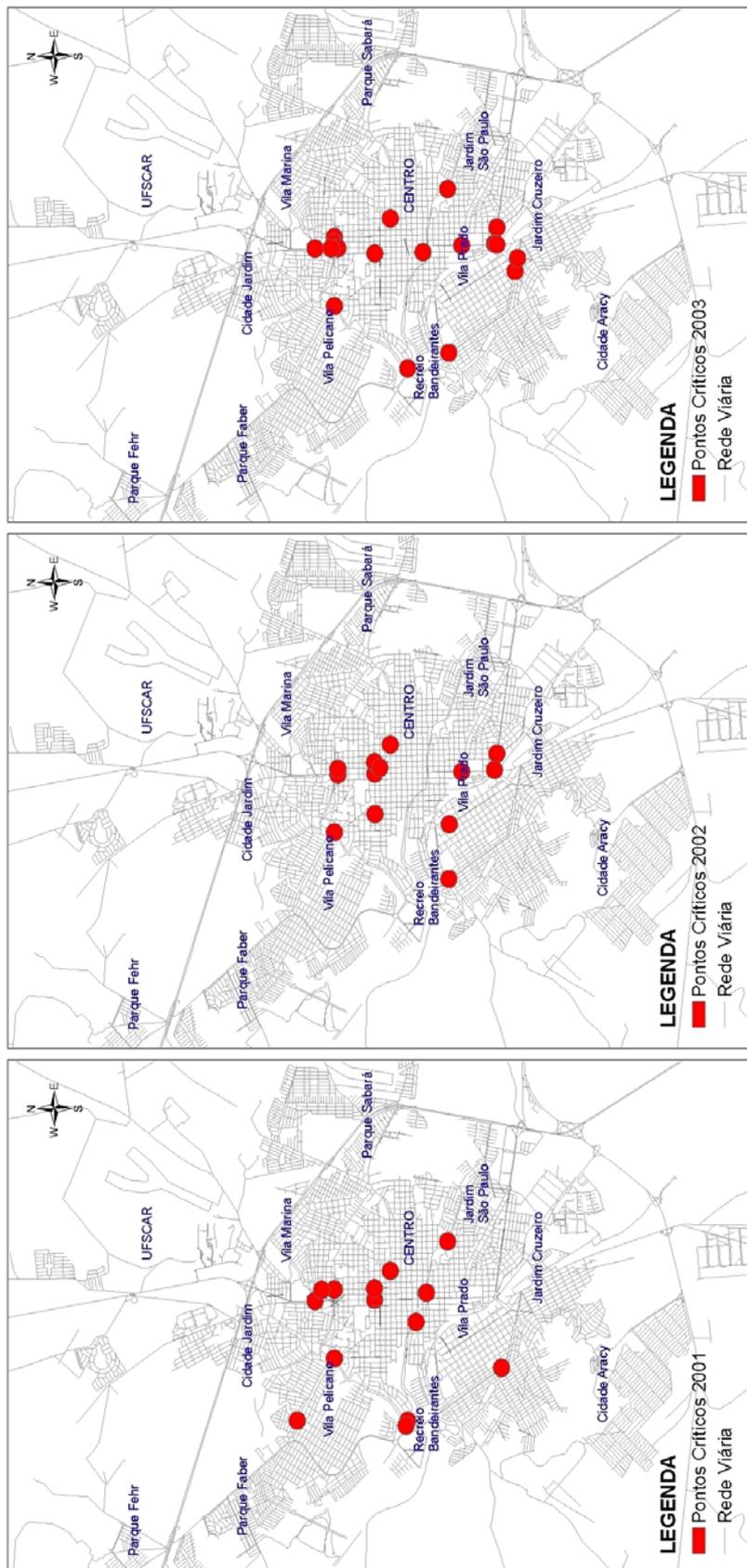


FIGURA 11 - Pontos Críticos de Acidentes de Trânsito, em S.Carlos – 2001 a 2003

Um número ainda maior de agrupamentos ou pontos críticos foi encontrado ao ampliar a área considerada, passando, agora, de 10 metros para 30 metros. Foram obtidos, para as novas áreas, 46 locais com mais de 10 acidentes em 2001, 43, em 2002 e 41 novos agrupamentos para o ano de 2003.

6.2.2 Análise da distribuição dos acidentes por tipo de ocorrência

A distribuição espacial dos acidentes de trânsito na cidade de São Carlos foi realizada com a utilização da ferramenta de elipse de desvio padrão, disponível no software Crimestat 3.0. Esta ferramenta fornece a medida de dispersão espacial dos pontos em duas dimensões, a partir das coordenadas dos eventos.

Neste trabalho, a elipse de desvio padrão foi utilizada para identificar a concentração ou dispersão dos acidentes de trânsito, de acordo com o grau de severidade dos mesmos. Para a utilização dessa ferramenta, foram selecionados os acidentes de acordo com sua severidade e exportados no formato “shp”. Esses arquivos foram separados em Acidentes com Danos Materiais - ADM, Acidente com Pedestres – ACP, Acidentes com Feridos – ACF e Acidentes com Vítimas Fatais - AVF.

Durante essa etapa, foi possível confirmar que os acidentes com vítimas estão mais espalhados pela cidade, reforçando as hipóteses de CET (1979) e GOLD (1998), que afirmam que as áreas periféricas são os locais com maior ocorrência de acidentes com vítimas.

Na figura 12 são apresentadas as elipses criadas para cada tipo de ocorrência de acidentes, para cada ano do período de estudo. Através das elipses, é possível verificar que os Acidentes com Danos Materiais – ADM, representados nas figuras pelas elipses de

cor azul, estão concentrados na região central da cidade. Este tipo de acidente sofreu pouca alteração espacial no período de 2001 a 2003, podendo-se supor que os ADM estejam mais associados ao grande volume de veículos que trafegam nesta região. Os Acidentes com Vítimas Fatais - AVF, representados na figura pelas elipses de desvio padrão de cor vermelha, aparecem como a elipse mais ampla nos anos de 2002 e 2003. Isso indica que esse tipo de acidentes ocorreu, em sua maioria, em áreas periféricas da cidade. A localização desses acidentes foi apresentada anteriormente nas figuras 9 e 10. Em 2001, a elipse de desvio-padrão dos Acidentes Vítimas Fatais - AVF é apresentada como uma reta entre dois pontos. Isso ocorre pelo fato de que neste ano, somente dois acidentes com mortes foram georreferenciados, não sendo possível uma melhor visualização da dispersão desses acidentes. Os resultados dos acidentes com vítimas fatais, no entanto, precisam ser considerados com certa cautela, pois são eventos raros e qualquer localização de outro acidente, não georreferenciado aqui, poderia alterar significativamente a configuração da elipse.

Os Acidentes Com Pedestres - ACP (elipses de cor laranja) apresentam dispersões semelhantes às dos Acidentes com Vítimas Feridas – ACV (elipse de cor verde), indicando que esses tipos de acidente estão espalhados pelas áreas periféricas com mais intensidade do que os acidentes com danos materiais, que ocorrem, em sua maioria, nas áreas centrais.

A figura 13 apresenta uma comparação das elipses de desvio-padrão relacionada aos Acidentes com Danos Materiais. É possível notar que esses tipos de acidentes estiveram, no período em questão, concentrados na região central da cidade e que houve pouca variação na dispersão dos ADM neste período; houve uma concentração maior em 2002 (elipses verdes) e 2003 (vermelhas), do que a ocorrida em 2001 (azuis).

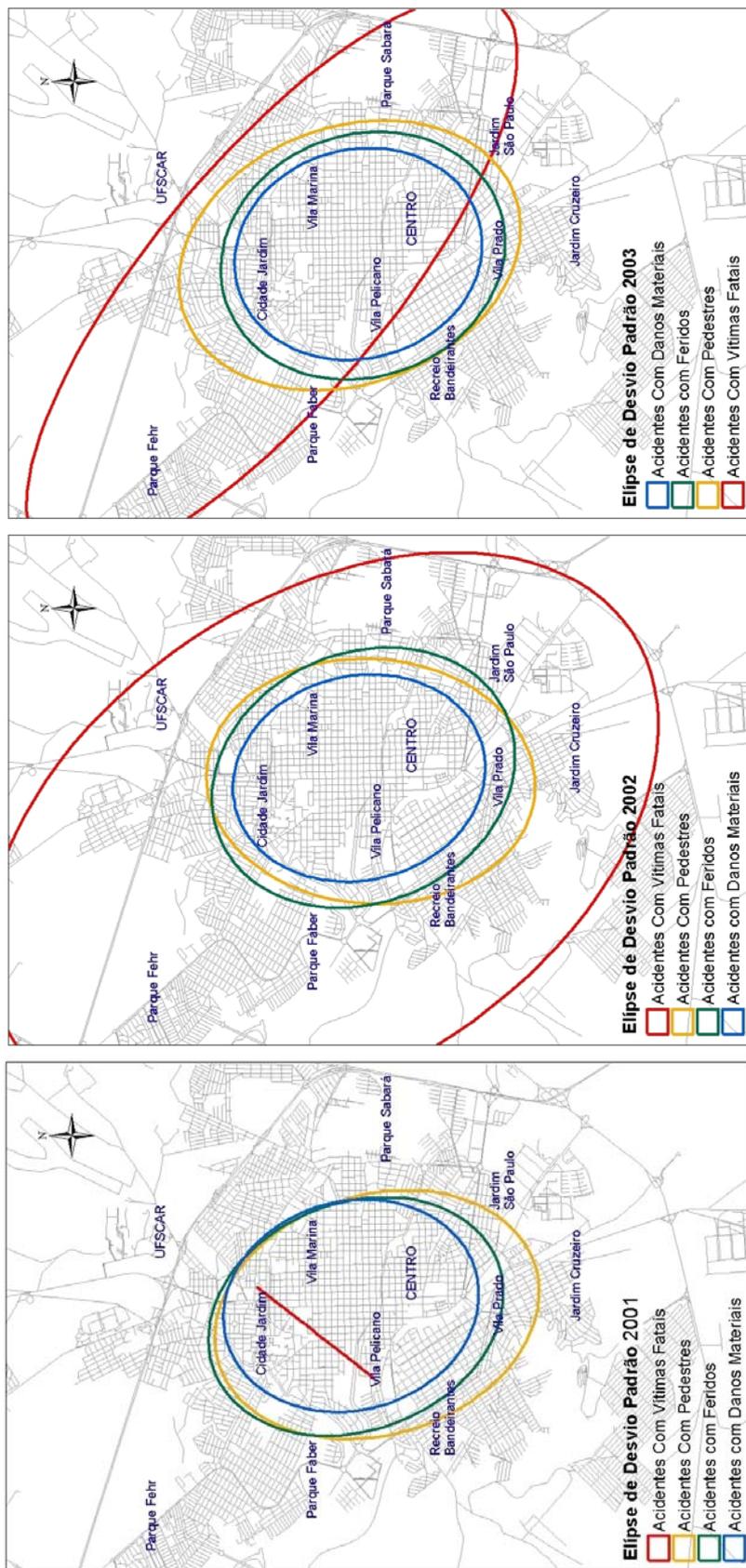


FIGURA 12 - Distribuição espacial dos acidentes de acordo com o grau de severidade, em S.Carlos – 2001 a 2003

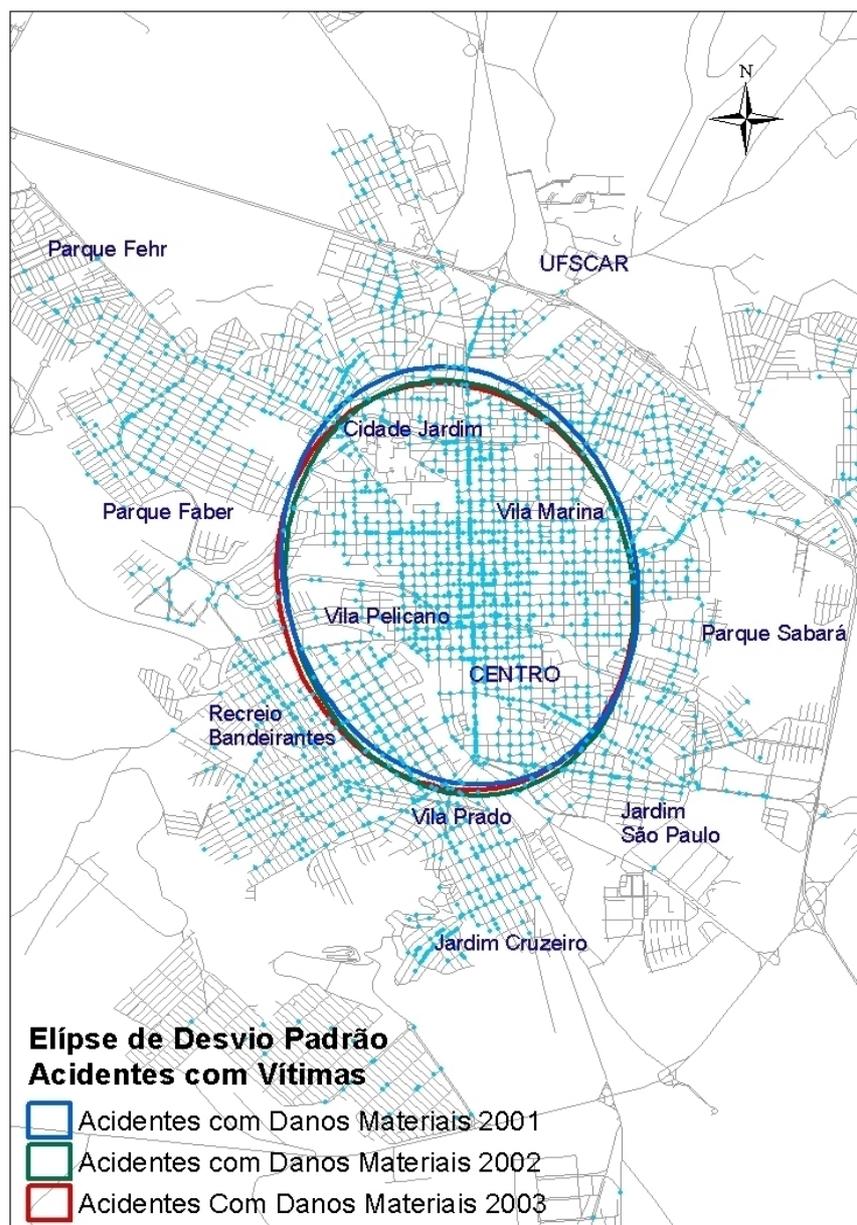


FIGURA 13 - Elipse de Desvio Padrão do Acidentes Com Danos Materiais, em S.Carlos – 2001 a 2003

Levando-se em conta, agora, aos atropelamentos, é possível notar que há maior dispersão neste tipo de acidente no decorrer dos 3 anos. A figura 14 mostra que, a cada ano, os acidentes com pedestres ficam mais dispersos. É possível verificar também que, em 2002 (elipse verde), ocorreu uma maior dispersão deste tipo de acidente em relação a 2001 (elipse azul), no sentido sudeste da cidade, próximo aos bairros Jardim São Paulo e Jardim Cruzeiro. Em 2003 (elipse vermelha), houve uma dispersão maior em relação a 2001 e 2002, mantendo-se a dispersão para a região sudeste, em relação a 2002, e

aumentando, também, para a região norte, no sentido dos bairros de Vila Marina e Cidade Jardim, comparada ao dois anos anteriores. Vale lembrar que os resultados aqui apresentados se referem ao período 2001 a 2003; seria interessante se considerar um período maior para se verificar a existência de uma tendência mais bem definida.

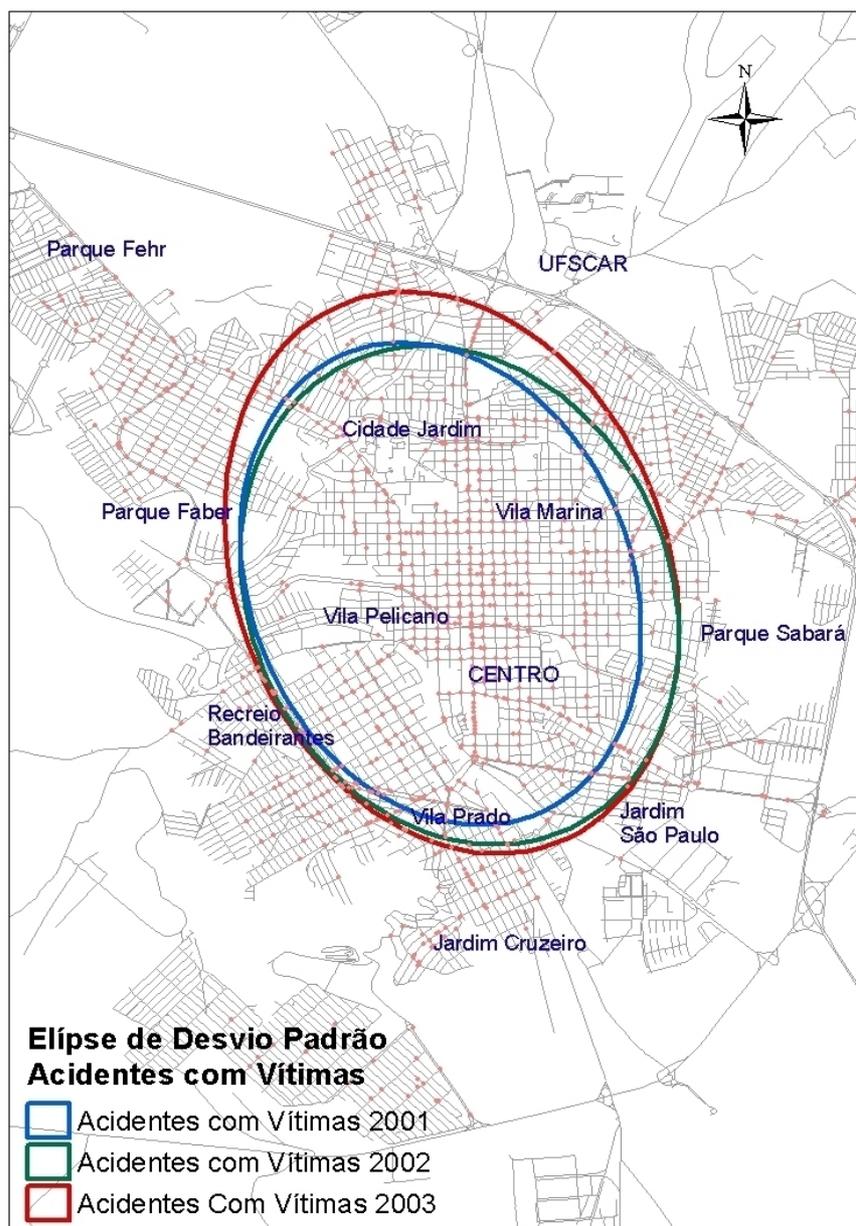


FIGURA 14 - Elipse de Desvio Padrão dos Acidentes com Pedestres, em S.Carlos – 2001 a 2003

6.3 Análise Espacial por Áreas

Apesar da existência de pontos críticos, os acidentes de trânsito em áreas urbanas se distribuem por toda rede viária, podendo existir trechos críticos ou áreas críticas. 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 (QUEIROZ, 2003).

Áreas que concentram um grande volume de tráfego podem possuir várias interseções com um número alto de acidentes de trânsito. Neste caso, a intervenção pontual pode não ser a melhor opção para a redução do número de acidentes, sendo necessário então uma intervenção que abranja todo um setor que apresente características homogêneas.

Para realização desta etapa, foi necessária a importação dos dados de acidentes para o software Spring 4.2. Esses dados foram exportados pelo TransCAD no formato “mif” e, para a importação no Spring, foram utilizadas as ferramentas de conversão de arquivos do programa.

Para este trabalho foram utilizados os setores censitários do IBGE como áreas de estudo. Essa escolha ocorreu pela ausência de outra delimitação de área no município tais como delimitação de bairros ou zonas de tráfego e também pela oportunidade de poder comparar, em trabalhos posteriores, os índices de acidentes com outros indicadores.

6.3.1 Identificação de Zonas Críticas

Para identificação das áreas críticas foi necessário um índice que viesse a reduzir a influência do tamanho da área. Neste caso, foram utilizados os índices IAZEV - Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária e IUPSZ - Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona. O *Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária* – IAZEV é dado por:

Equação 7

$$IAZEV_i = \frac{NAZ_i \times 100}{EVZ_i}$$

Onde: NAZ_i é o número de acidentes ocorridos na zona;
 EVZ_i é a extensão da malha viária na zona_i,

A extensão da malha viária por zona foi obtida através de uma consulta espacial entre os mapas dos setores Censitários do IBGE e o mapa da rede viária do município de São Carlos. A multiplicação por 100 é utilizada para que sejam evitados valores menores que um. A quantidade de acidentes por quilômetros de área foi utilizada para evitar que erros de interpretação aconteçam, visto que áreas maiores terão a possibilidade de conter um número maior de acidentes, podendo assim levar a interpretações errôneas das áreas críticas.

O *Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona* – IUPSZ foi utilizado a fim de se verificar a validade das informações de área crítica, não só pelo número de acidentes, mas também, pela Unidade Padrão de Severidade - UPS em cada área. Esse índice foi calculado somando-se a severidade de cada acidente na área e dividindo o valor encontrado pela quantidade de quilômetros por área (equação 8).

O Índice de Unidade Padrão de Severidade por Área é dado por:

Equação 8

$$IUPSZ_i = \frac{\sum_{j=1}^n UPS_i \times 100}{EVZ_i}$$

Onde: $\sum_{j=1}^n UPS_i$ é a soma dos índices UPS_i para cada área i , considerando n acidentes;

EVZ_i é a extensão da malha viária na zona $_i$.

A Unidade Padrão de Severidade - UPS pode ser calculada de acordo com a proposta pelo MT (2002), conforme equação 9.

Equação 9

$$N^{\circ} de UPS = (ADM \times 1) + (ACF \times 4) + (ACP \times 6) + (AVF \times 13)$$

Onde = ADM é o número de acidentes com danos materiais;

ACF é o número de acidentes com feridos;

ACP é o número de acidentes envolvendo pedestres;

AVF é o número de acidentes com vítimas fatais.

Após a definição desses índices, foi calculada a Associação Espacial de Moran, através das ferramentas de estatística espacial do Spring 4.2. Esse cálculo foi executado com a opção de 999 permutações, e ao final dessa etapa, foram adicionadas 7 novas colunas nas tabelas dos setores censitários, contendo as informações de Z, WZ, I, Média Móvel, Lisa Map, Box Map e Moran Map.

Para o IAZEV, o Índice de Global de Moran apresentou um padrão de autocorrelação espacial nas áreas de estudo, mas que vem diminuindo a cada ano. Esse padrão indicou que, em 2001, havia uma concentração espacial com valor de 0,629. Entretanto, esse valor é reduzido nos anos seguintes de forma gradual (figura 15). Para 2002, o valor encontrado do Índice Global de Moran foi de 0,608 e, para 2003, o valor encontrado foi de 0,586. Já, para o IUPSZ, que mede o grau de severidade de cada área, o Índice de Moran apresentou uma correlação espacial com valor um pouco menor, mas que também vem sendo reduzido a cada ano, apresentando 0,421, para 2001, 0,398, para 2002, e, 0,392, para 2003.

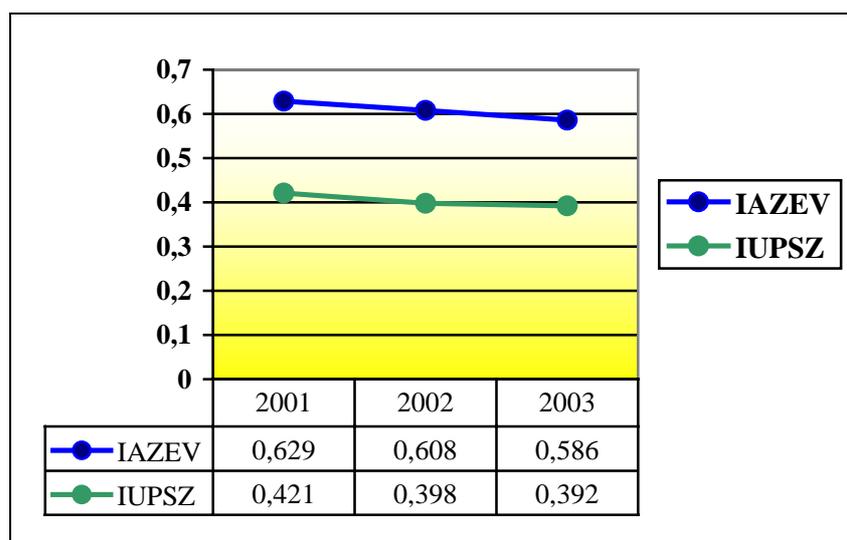


FIGURA 15 - Gráfico de comparação do Índice Global de Moran

Lembrado-se que o Índice de Moran varia de -1 a $+1$, com valores próximos de 0 indicando a ausência de um padrão espacial nos dados, conclui-se que os acidentes de trânsito, no município de São Carlos, estão se tornando cada vez mais dispersos pela cidade, um Índice de Severidade com baixa concentração espacial.

A distribuição dos Índices de Acidentes de Trânsito por Área para o município de São Carlos pode ser visto na figura 16. Nesta figura, pode ser verificada a comparação do Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária para os anos de

2001, 2002 e 2003. Pode ser observado, também, uma concentração maior do índice nas áreas centrais da cidade e, baixos valores nas regiões periféricas. As zonas com maiores índices de acidentes se concentram no centro, e é possível notar também que nos 3 anos de estudo essas zonas se estendem para as regiões norte e sul da cidade seguindo os eixos da Avenida São Carlos e Rua Dona Alexandrina, nos sentidos dos bairros Vila Marina e Cidade Jardim ao norte e Vila Prado ao sul. Essa concentração na região central ocorre, provavelmente, devido à maior concentração de fluxo de veículos e pessoas nessas áreas por causa da aglomeração de atividades comerciais.

Para o grau de severidade dos acidentes, calculado pelo *Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona* (figura 17), os valores mais altos se concentram na área central, entretanto com um número menor de zonas com valores nas classes mais altas quando comparado com o número absoluto de acidentes. Note que, em 2001, havia uma quantidade maior de zonas com índice de severidade na classe 3 (índices de 24 a 36) do que nos anos de 2002 e 2003, tendo ainda esses dois últimos anos uma ampliação do número de zonas na classe 2 (índices de 12 a 24).



FIGURA 16 - Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária (2001, 2002 e 2003)

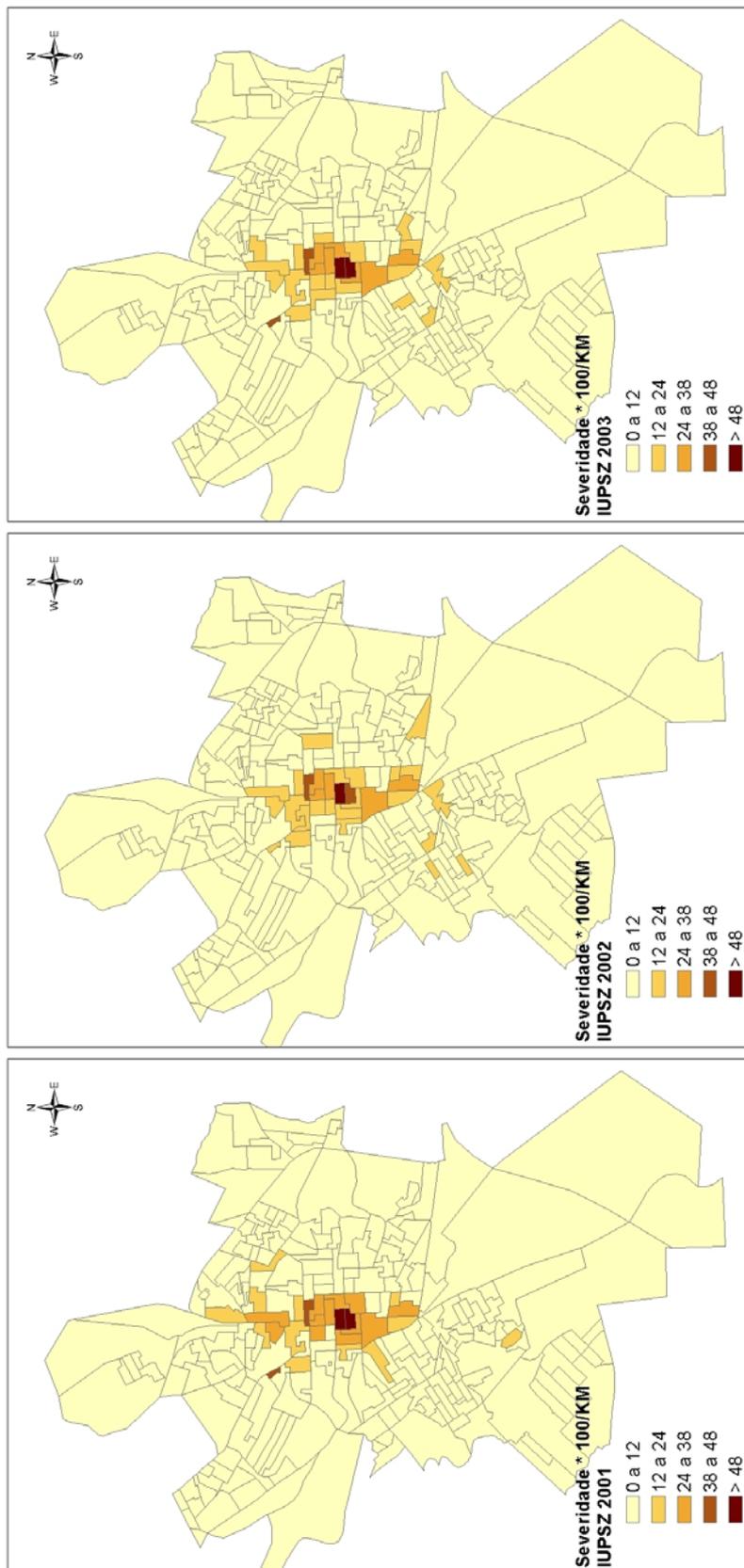


FIGURA 17 - Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona (2001, 2002 e 2003)

Ao se utilizar o índice de Média Espacial Móvel (figura 18), é possível visualizar melhor a concentração de acidentes na região central da área urbana da cidade, com uma leve progressão ao redor dessa região, mantendo-se um crescimento em direção a região sul, em 2002 e 2003, próximos ao bairro Vila Prado. A vantagem da utilização da média espacial móvel para a visualização deste tipo de mapa é que ela apresenta uma suavização dos valores de cada zona em relação aos valores das zonas vizinhas, conforme exemplificado no capítulo 4.

Ao se utilizar a mesma ferramenta para os valores da Unidade Padrão de Severidade dos acidentes no período de estudo (figura 20), é possível identificar uma quantidade maior de zonas da classe 2 (índice de 1 a 7,5) nas regiões periféricas da cidade, havendo um crescimento em direção aos bairros Jardim São Paulo, Vila Prado e Jardim Cruzeiro ao Sul e em direção ao Recreio dos Bandeirantes, na região sudoeste. Para o ano de 2003, os crescimentos apresentados em 2002 são mantidos, havendo ainda o surgimento de uma zona na classe 3, próximo ao bairro Jardim Cruzeiro e também o surgimento maior de zonas da classe 2 em direção ao noroeste da cidade, próximo ao bairro Parque Faber. Este bairro possui um grande pólo gerador de tráfego, representado pelo Shopping Center Iguatemi, proporcionando um grande número de viagens nessa região.

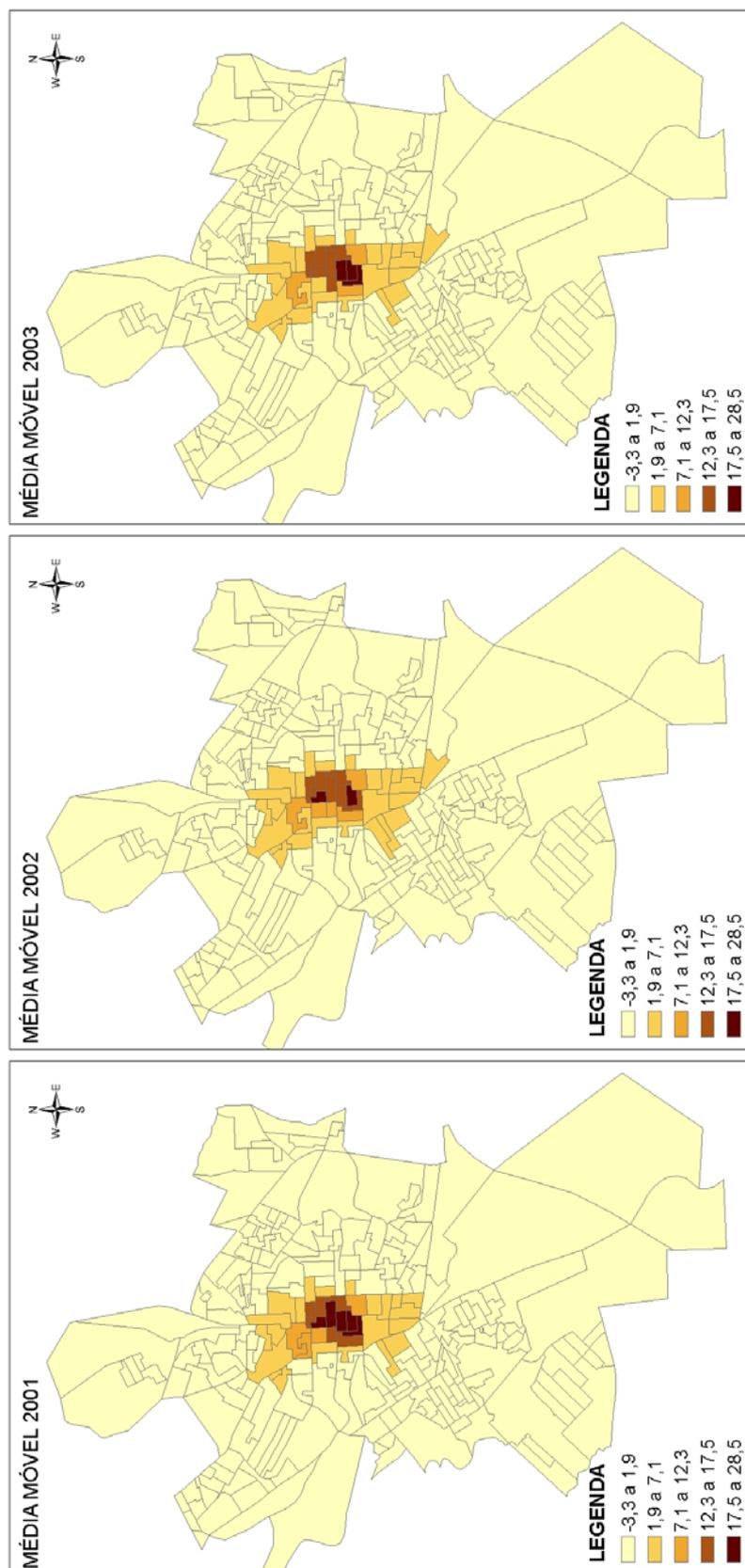


FIGURA 18 - Média Espacial Móvel Para o IAZEV do Período em Estudo (2001 a 2003)

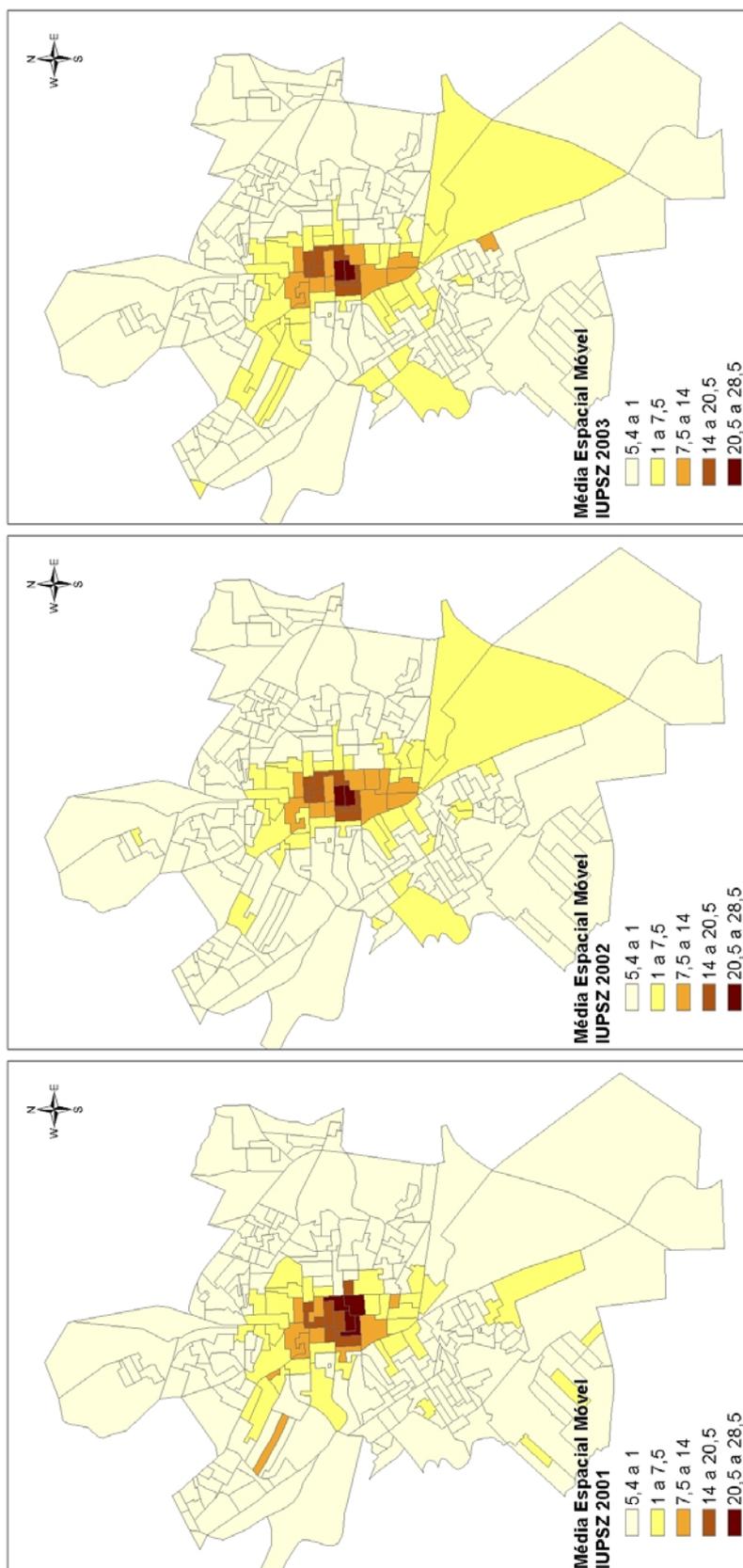


FIGURA 19 - Média Espacial Móvel do IUPSZ para o Período em Estudo (2001 a 2003).

6.3.2 – Zonas de Transição

A identificação das zonas de transição é feita utilizando-se os valores do Diagrama de Espalhamento de Moran, gerados pelo cálculo da Associação Espacial de Moran, realizada pelo Spring, conforme visto no capítulo 4. Esses valores podem ser utilizados na geração de mapas temáticos, onde cada zona é representada por um valor do quadrante do Diagrama de Espalhamento de Moran. Através do Box map é possível identificar visualmente a tendência de crescimento dos acidentes de trânsito no município de São Carlos, através das classes 3 e 4 do Box Map.

A figura 20 apresenta o Box Map para o período de estudo. Nestes mapas, foi possível confirmar a concentração dos acidentes de trânsito na região central da cidade (classe 1) representando zonas com valores positivos e média dos vizinhos positiva e também identificar que as áreas com associação espacial negativa (classe 2), ou seja, zonas com valores negativos e, médias negativas dos vizinhos se encontram nas zonas periféricas da cidade. As áreas de transição são identificadas próximas às zonas centrais (classes 3 e 4).

Na comparação do período de estudo, é possível identificar, assim como foi constatado na média espacial móvel, uma tendência de crescimento para as zonas periféricas, principalmente em direção a região sul, porém essas classes foram encontradas em, praticamente, todos os setores da cidade de São Carlos.

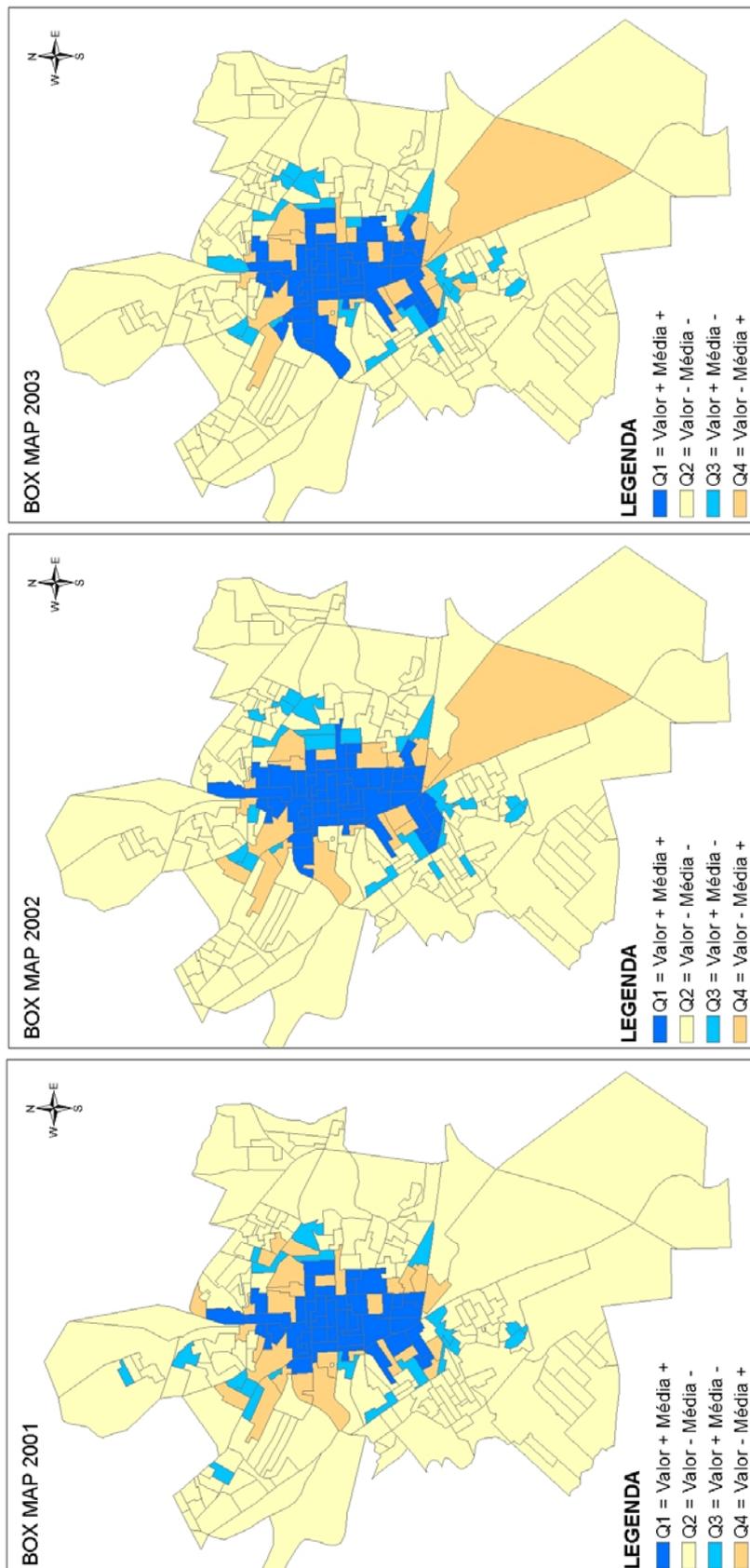


FIGURA 20 - Box Map para o IAZEV (2001 a 2003)

Com relação ao Box Map, utilizando o grau de severidade dos acidentes, foi confirmada a região central como apresentando altos índices de acidentes em todos os 3 anos de estudos. Porém, nestes mapas, foi possível identificar *outliers* (valores altos em zonas com vizinhos de valores baixos ou a opção inversa) em algumas regiões da cidade. Esses *outliers* são apresentados, em 2001, próximos ao Parque Faber e Shopping Center Iguatemi, na região noroeste da cidade. Em 2002, essa mesma zona é confirmada no quadrante 1 do diagrama, com o *outlier* próximo ao Bairro Jardim Cruzeiro, na região sul. Em 2003, esse *outlier* foi confirmado na mesma região, com o surgimento de uma nova zona próximo a este e também o surgimento de uma nova zona na região noroeste, próximo ao Parque Faber.

O Box Map da Unidade Padrão de Severidade dos Acidentes mostrou também que as classes 3 (valores positivos e médias negativas) e 4 (valores negativos e médias positivas) ocorrem em, praticamente, todas as regiões da cidade. Entretanto, houve uma maior ocorrência da classe 3 para a região leste da cidade, enquanto que a classe 4 ocorreu com maior intensidade na região oeste. Isto indica uma maior tendência do crescimento do Índice de Severidade dos Acidentes de Trânsito por Zonas para a região leste, enquanto que a região sul pode apresentar uma tendência de redução da severidade desses índices.

Ao se comparar os mapas usando o IAZEV e o IUPSZ, foi possível perceber que, enquanto no IAZEV as zonas de classe 1 estavam totalmente concentradas na região central, o IUPSZ apresentou zonas com valores altos em áreas periféricas da cidade, confirmando então que houve ocorrência de acidentes com maior severidade nas regiões com baixos volumes de tráfego. Nota-se, também, que enquanto no IAZEV as classes 3 e 4

estavam circundando a região central, no IUPSZ elas ocorreram bem mais dispersas, ou seja, próximas às áreas centrais e também nas regiões periféricas.

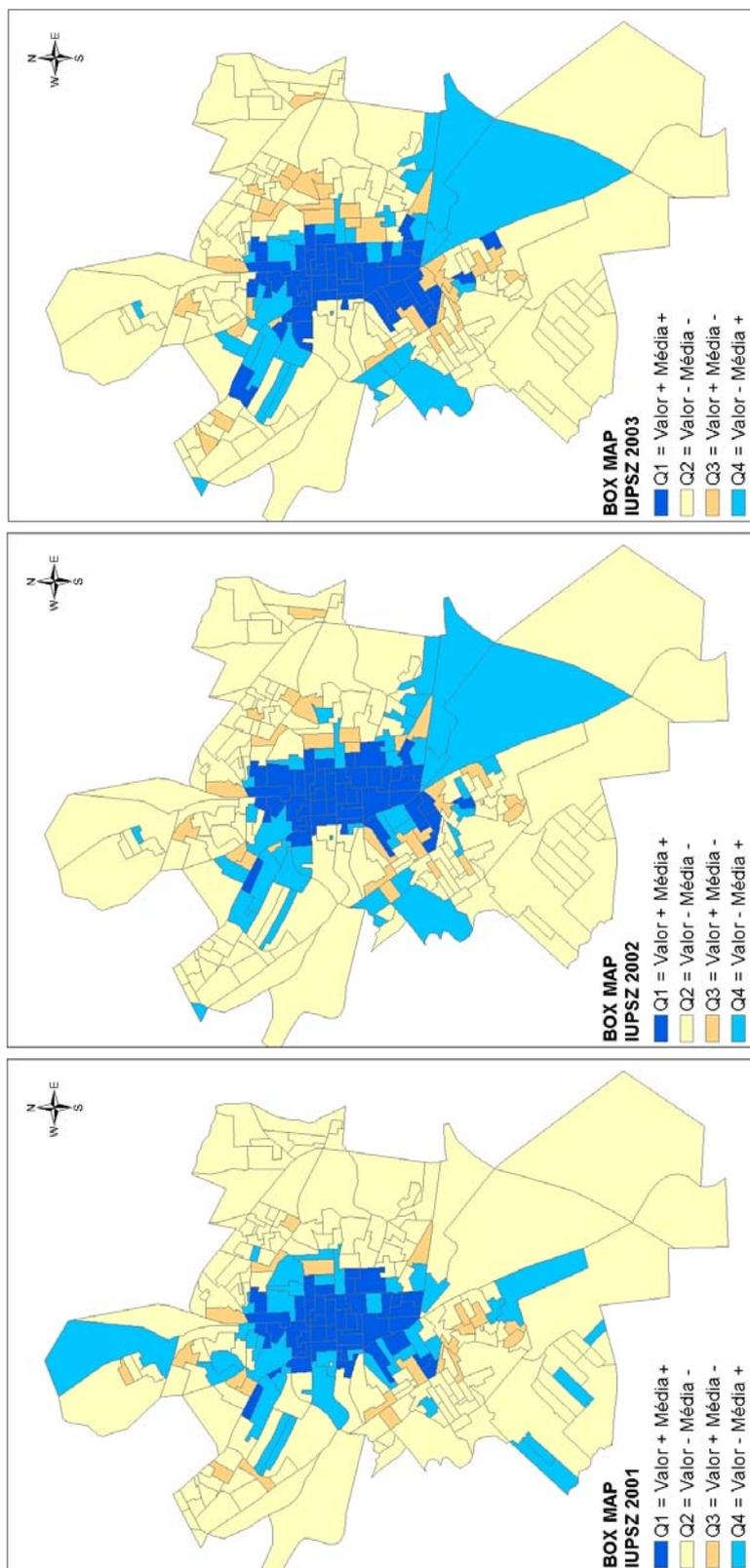


FIGURA 21 - Box Map para o IUPSZ (2001 a 2003)

Para identificação das áreas críticas foram utilizadas as informações do Moran Map, apresentado na figura 22. O Moran Map apresenta as zonas que possuem relação espacial positiva, representada pela classe Q1, da figura 20 e com significância espacial acima de 95 % identificados no Lisa Map, da Figura 24. O Moran Map confirmou como local crítico de acidentes a região central da cidade de São Carlos. O Moran Map apresenta, também, as áreas periféricas na classe Q2, indicando associação espacial negativa e com significância espacial superior a 95% representado pelo Lisa Map da figura 23. Isto demonstrou que as zonas com altos ou baixos níveis de acidentes estão relacionadas, principalmente, ao fluxo de veículos que passa por esses locais, apresentando altos índices nas regiões centrais (grande volume de veículos) e baixos índices nas zonas periféricas (baixo volume de veículos). As zonas de transição, que não apresentaram tantas ocorrências nestes mapas, estão próximas as áreas centrais. As zonas intermediárias foram classificadas na classe 0, ou seja, estas zonas possuem valores sem significação espacial expressiva, indicando um baixo índice de correlação espacial.

Para o *Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona*, as classes Q1 e Q2 confirmaram a região central como a região crítica de acidentes e a zonas periféricas com valores baixos de acidentes, apresentando uma pequena zona na região sul com uma associação espacial positiva e significância maior que 95%. Isso indica que, quando se utiliza o Índice de Severidade dos Acidentes de Trânsito, é possível encontrar associações espaciais positivas também em zonas periféricas, indicando a ocorrência de índices altos de severidade nestas áreas.

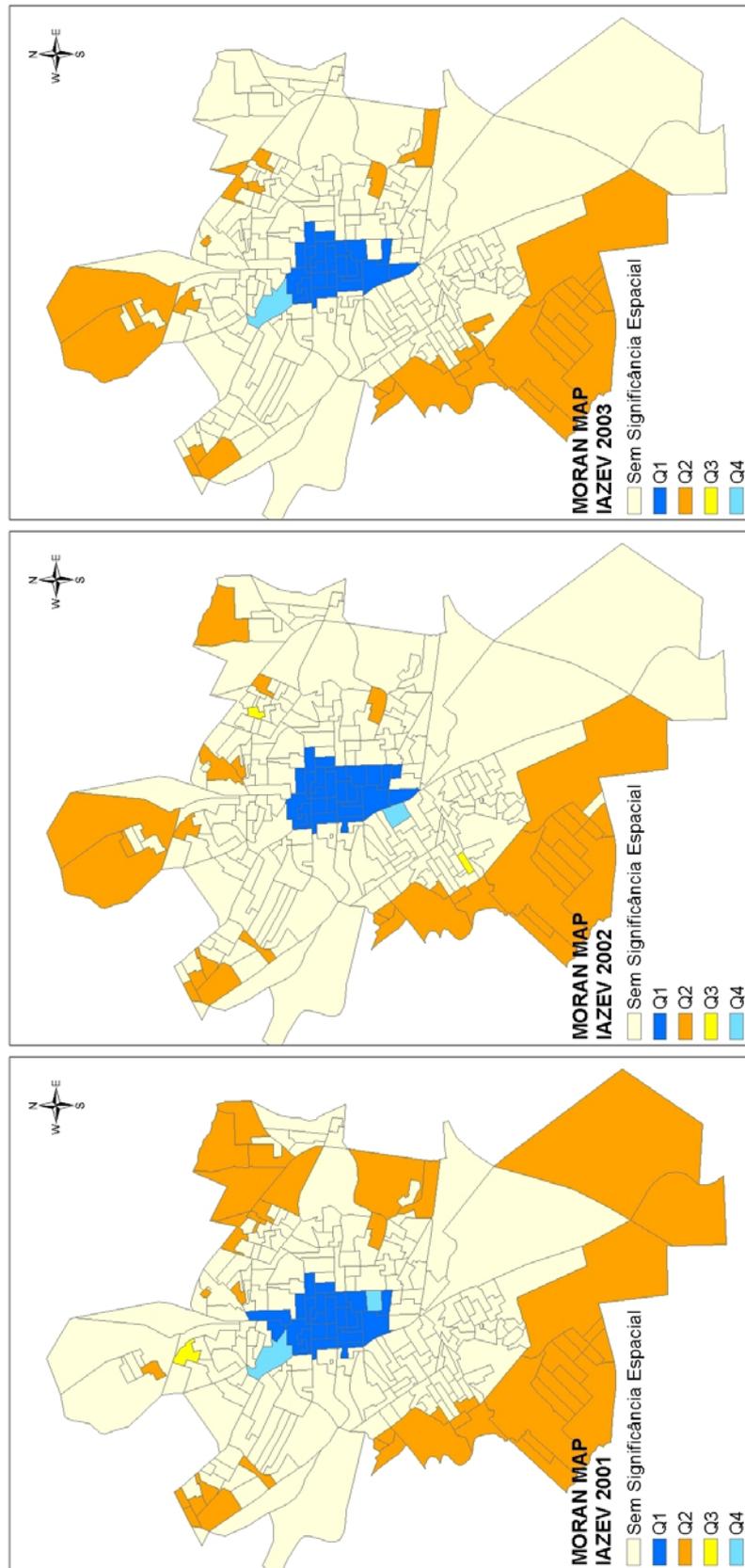


FIGURA 22 - Moran Map do IAZEV (2001, 2002 e 2003)

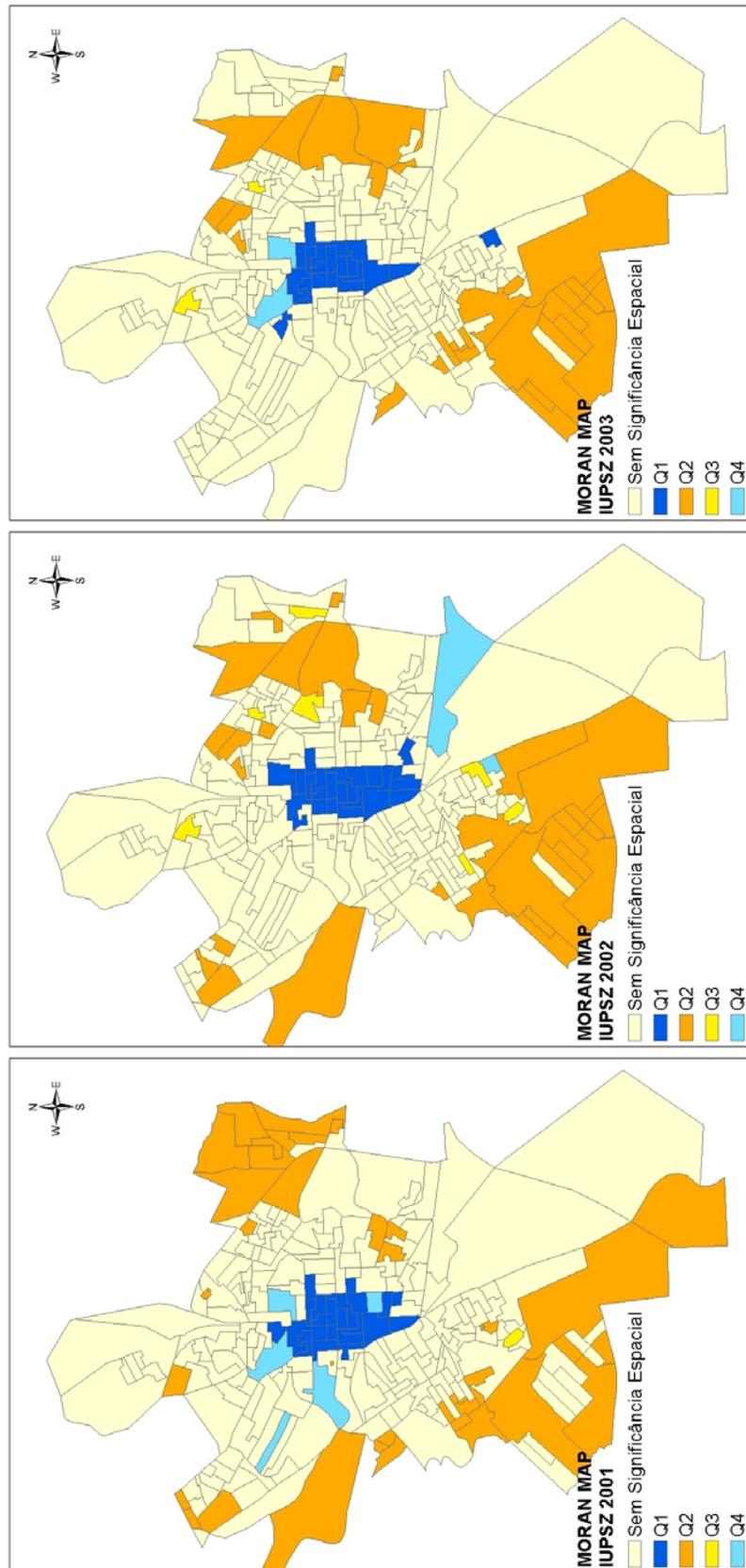


FIGURA 23 - Moran Map do IUPSZ (2001, 2002 e 2003)

Ao se comparar o Moran Map utilizando o Índice de Unidade Padrão de Severidade por Zona e o Índice de Acidentes na Zona por Extensão da Malha Viária, foi possível notar que eles apresentaram a região central como área crítica de acidentes de trânsito. Isso ocorreu devido ao fato de que mesmo com as maiores severidades ocorrendo nas regiões periféricas, conforme mostrado no mapa de vítimas fatais ocorridas no período (figura 10) e pelo mapa de elipse de desvio padrão dos acidentes com pedestres (figura 14), o alto número de acidentes ocorrido na zona central ainda determina a região crítica de acidentes de trânsito.

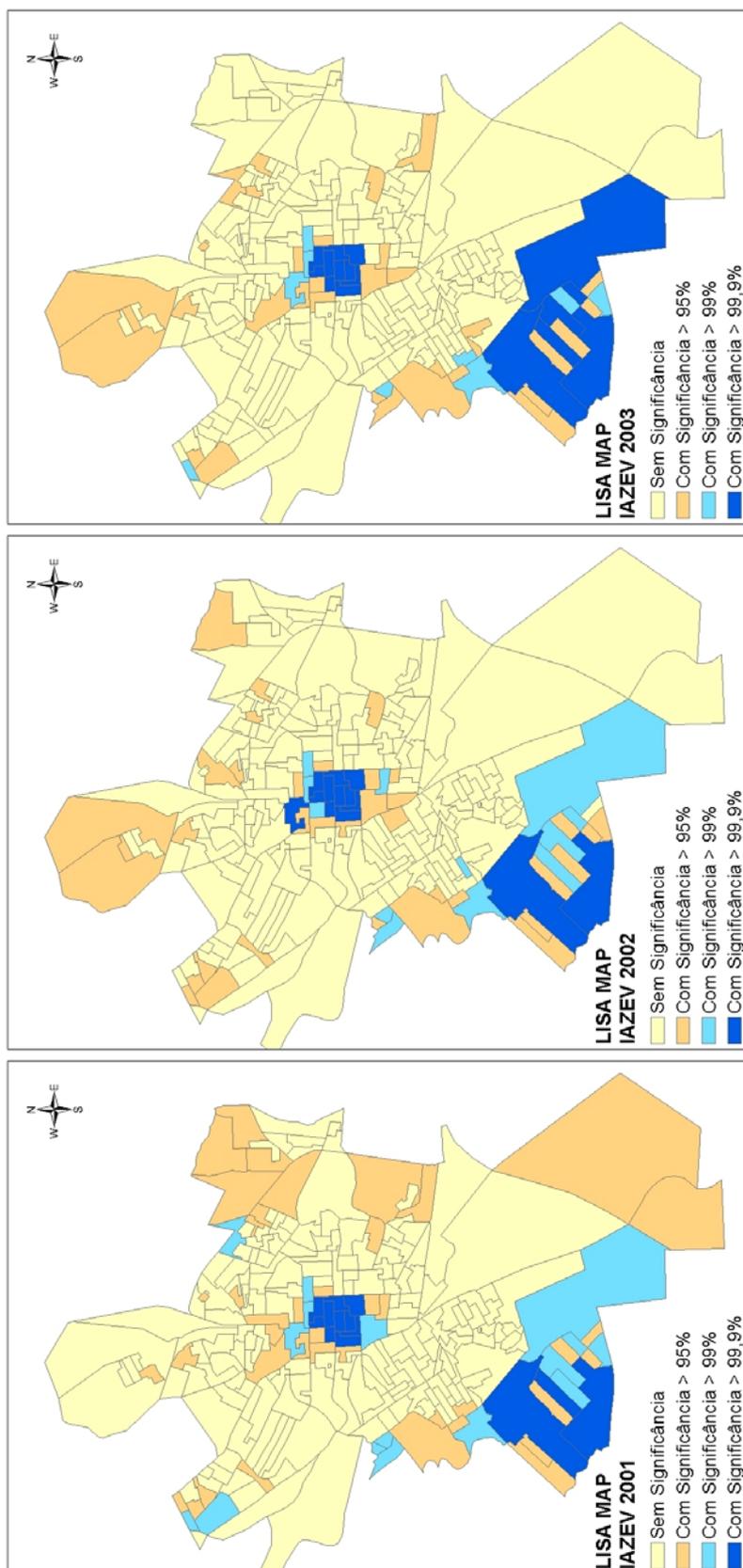


FIGURA 24 - Lisa Map do IAZEV (2001, 2002 e 2003)

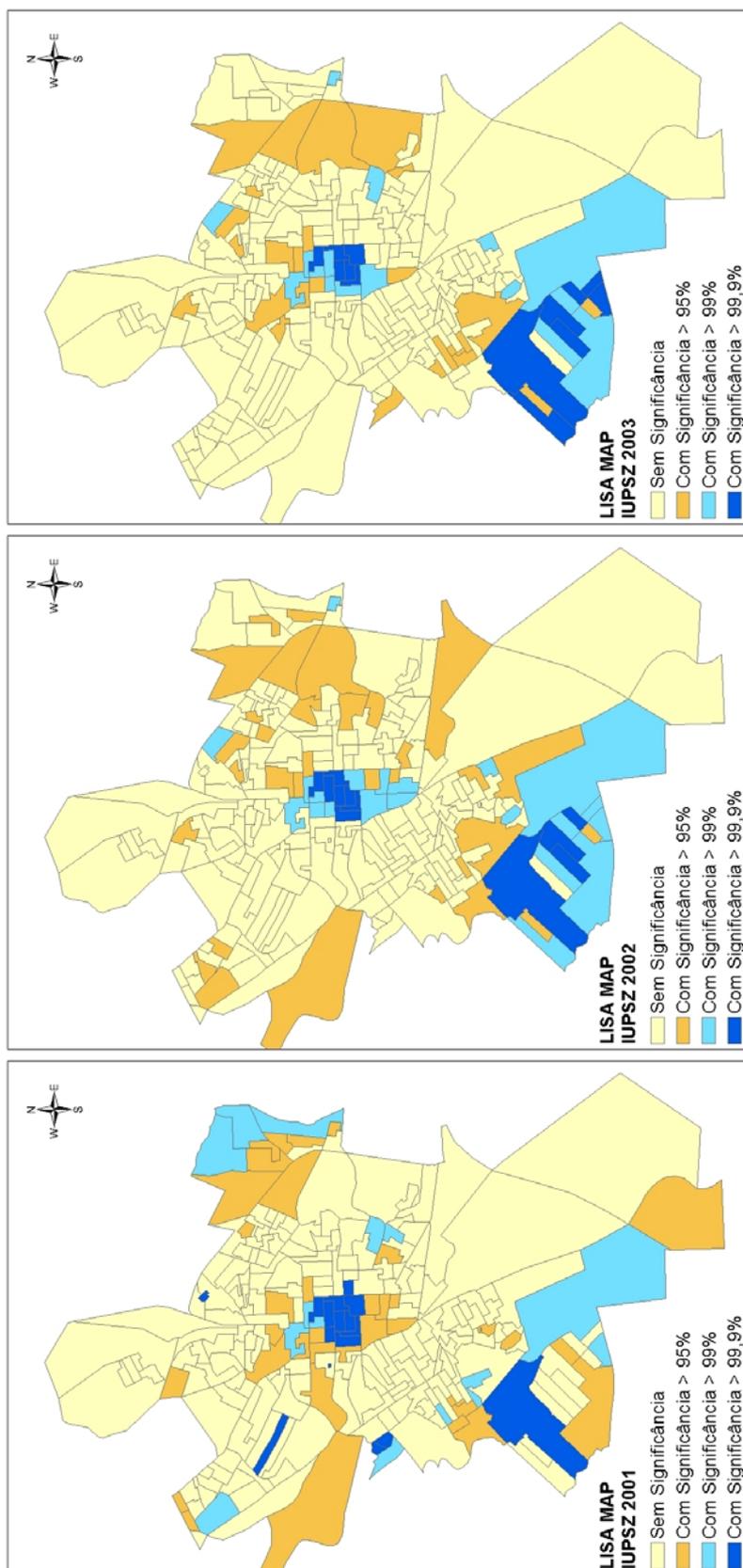


FIGURA 25 -Lisa Map do IUPSZ (2001, 2002 e 2003)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de São Carlos apresenta, assim como vários outros municípios do Brasil, altos índices de acidentes de trânsito, com grande número de feridos, trazendo danos sociais e econômicos para a população. Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa foi o de conhecer melhor o comportamento espacial dos acidentes de trânsito em São Carlos, uma cidade de porte médio, onde a maioria dos setores de comércio e serviços ainda se encontra no centro da cidade, atraindo um grande volume de veículos e pedestres para essa região.

Para melhor compreensão dos acidentes de trânsito em São Carlos, foi realizado o seu georreferenciamento. Esta etapa mostrou as dificuldades de tratamento dos dados por meios de sistemas informatizados devido, principalmente, a falta de padronização nos sistemas de coleta e inclusão dos dados de acidentes no Banco de Dados Relacional e Geográfico. Entretanto, durante o processo foi possível constatar que, a cada ano, houve uma melhoria considerável na consistência das informações, confirmando que o treinamento e capacitação dos profissionais que inserem essas informações em sistemas informatizados é extremamente importante para o aproveitamento do sistema, devendo essa capacitação ser estendida a todos aqueles que coletam esses dados, principalmente aos profissionais responsáveis pelo preenchimento dos Boletins de Ocorrências.

Foram descritos, também, alguns problemas que ocorrem no cadastro do boletim de ocorrência em meios digitais, tais como a falta de hierarquia para cadastramento das vias, inclusão de vias com diferentes grafias, inclusão de “cruzamentos de vias que não se cruzam”, dentre outros, propondo-se algumas soluções para cada tipo de problema.

O georreferenciamento do local dos acidentes mostrou que, em São Carlos, eles ocorrem por, praticamente, toda a malha viária, havendo ainda uma grande concentração de acidentes nas áreas centrais da cidade, com várias ocorrências de atropelamentos e acidentes fatais nas áreas periféricas.

A distribuição pontual dos acidentes pôde ser mais bem visualizada com a utilização das ferramentas de estatística espacial. A geração de agrupamentos com um número mínimos de acidentes em uma distância pré-estabelecida foi capaz de demonstrar, claramente, os locais com as maiores ocorrências dos acidentes de trânsito na cidade, com a inclusão de interseções que não eram apontadas pelo banco de dados relacional. A geração desses grupos mostrou-se, então, uma importante ferramenta para identificação de locais problemáticos, incorporando tanto os acidentes que ocorrem em interseções quanto os que ocorrem próximo a elas ou em meio de quadras.

Através das elipses de desvio padrão, foi possível verificar que os acidentes de trânsito possuem uma distribuição bastante peculiar. Apesar de ocorrerem acidentes de todos os tipos em, praticamente, todas as áreas da cidade, eles demonstraram um certo padrão de ocorrência. Foi possível verificar, através das elipses, que os acidentes com danos materiais estavam concentrados nas regiões centrais da cidade, havendo poucas alterações em sua área de ocorrência, no período em estudo. Isto sugere que esse tipo de ocorrência pode estar diretamente relacionado à grande quantidade de conflitos provocada pelo volume de veículos e pedestres nesta região.

Os acidentes com pedestres foram registrados em, praticamente, toda a área urbana do município; porém, apresentaram uma concentração em áreas centrais (2001) e dispersão pela cidade nos demais anos de estudo. As elipses demonstraram um crescimento

para as regiões sul, em 2002, que foi confirmado, em 2003, com um pequeno aumento na região norte da cidade.

A análise dos acidentes por área possibilitou a identificação de padrões de ocorrência dos acidentes e proporcionou uma melhor visualização das tendências de crescimento e regiões de transição. Através desta ferramenta, foi possível confirmar a região central como aquela onde ocorreram os maiores índices de acidentes de trânsito na cidade de São Carlos. Mesmo quando foram utilizados os índices de severidade, essa região se destacou como a região com maiores índices. Nestes casos, o alto volume de acidentes com baixo índice de severidade ocorridos nesta região, quando agrupados e somados, ultrapassaram os valores encontrados nas áreas periféricas da cidade, confirmando a região central como a zona crítica em acidentes.

O estudo constatou também, através das ferramentas de análise espacial e do Índice de Moran que, assim como ocorre em outras cidades do Brasil, os acidentes de trânsito estão ficando cada vez mais dispersos pela área urbana, com um crescimento dirigido para quase todas as regiões da cidade, tornando-se assim cada vez mais difíceis de serem estudados e prevenidos.

Desta forma, a preocupação com o tratamento dos acidentes de trânsito, deve ser ampliada para toda a área urbana, não podendo ser restrita as áreas centrais, como ocorre em muitos casos. Esta colocação fica evidente, principalmente, quando se depara com a ocorrência de acidentes fatais em áreas não centrais da cidade. Em muitos casos, a falta de recursos financeiros, aliada à falta de um planejamento adequado, praticado por algumas administrações municipais, acaba priorizando a manutenção do sistema viário somente em áreas centrais. Com isso, deixa-se de promover a manutenção da sinalização

horizontal e vertical dos bairros, o que acaba proporcionando ambientes favoráveis à ocorrência de acidentes de trânsito.

Outro fator importante a ser avaliado, e que pode estar provocando a dispersão dos acidentes de trânsito, é que com um sistema de transporte coletivo urbano nem sempre eficiente, a aquisição de veículos automotores pela população das regiões periféricas acaba sendo uma opção melhor de deslocamento. Este fato provoca um maior número de viagem por veículos particulares, que parte e chega a essas regiões, o que faz aumentar o número de conflitos de pedestres e veículos e, como consequência, mais acidentes.

A situação pode ser mais perigosa por se tratar, em muitos casos, da população de classe social C e D, onde muitas vezes a opção de compra dos veículos se restringe àqueles com vários anos de uso, sem uma manutenção preventiva e corretiva. Estes veículos, em muitos casos, trafegam pelas ruas da cidade sem as mínimas condições de segurança para os condutores e para os demais usuários da via.

Diante disto, cabe ao Poder Público Municipal atuar na mitigação da ocorrência dos acidentes, através de medidas corretivas, tais como a implantação e manutenção de sinalização, a implantação de fiscalização eletrônica, dentre outras, também nas áreas periféricas. Outra ação importante, seria a melhoria do sistema de transporte coletivo, atraindo assim um número maior de usuários, com a intenção de reduzir o número de veículos particulares nas vias públicas.

Quanto ao uso de veículos que colocam em risco os usuários do sistema viário, cabe ao Poder Público Federal a implantação do sistema de vistoria de veículos,

criado pelo CTB, evitando que eles trafeguem pelas ruas das cidades sem condições de segurança.

De uma forma sintética, sugere-se algumas ações podem ser empreendidas, visando-se conhecer melhor a ocorrência dos acidentes de trânsito, e que possibilitem melhor identificação e tratamento de suas causas e conseqüente redução:

- a) Elaboração de padrão nacional de coleta, tratamento e armazenamento das informações de acidentes de trânsito e de informações do sistema viário, utilizando-se, de preferência, sistemas informatizados;
- b) armazenamento informatizado de alterações efetuadas no sistema viário (implantação, retirada, alteração e manutenção de sinalização vertical e horizontal) com o intuito de se verificar os efeitos que tais alterações proporcionaram ao sistema;
- c) elaboração de convênio entre o Poder Público Municipal e Polícia Militar para que os agentes de trânsito sejam os responsáveis pelo atendimento aos casos de acidentes de trânsito sem vítimas, liberando assim os Policiais Militares para outras funções;
- d) treinamento e capacitação dos profissionais envolvidos no processo de coleta, inclusão e tratamento das informações de acidentes de trânsito;
- e) definição de objetivos para redução do número de vítimas em acidentes de trânsito;
- f) publicação anual dos índices de acidentes de trânsito, possibilitando o conhecimento dessas informações pela população, em geral, e pela

comunidade científica, afim de que sejam elaboradas propostas conjuntas para a redução do número de vítimas no trânsito;

- g) avaliação periódica dos processos de melhoria implantados no sistema viário.

É preciso entender que a análise dos acidentes de trânsito deve ser feita ano a ano, avaliando e comparando os períodos anteriores para que sejam avaliadas se as intervenções efetuadas foram satisfatórias.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se um acompanhamento por um período maior de tempo, a fim de se verificar se os deslocamentos dos acidentes identificados neste trabalho se confirmam. Sugere-se, também, que seja feita a aplicação da técnica de agrupamentos pontuais para a Unidade Padrão de Severidade dos Acidentes de Trânsito.

Para a análise por áreas, sugere-se, ainda, que seja feita a comparação dos índices de acidentes por extensão da malha viária com outros índices, tais como índice de motorização, população por área de estudo, uso e ocupação do solo, dentre várias outras informações que possam ser utilizadas e que, de uma forma ou de outra, possam vir a influenciar a ocorrência de acidentes.

8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. S.; HADDAD, A. E.; HEWINGS, G. J. D. **The Spatial Pattern of crime in Minas Gerais: An Exploratory Analysis**. São Paulo, 2004. *Disponível em:* <http://www.econ.fea.usp.br/nereus/ae503/crime_mg.pdf> *Acesso em* 22 de Junho de 2005.

ANSELIN, L. **Spatial data Analysis with Gis: An Introduction to application in the Social Sciences**. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California. California, EUA. (1992) *Disponível em:* <http://www.ncgia.ucsb.edu/publications/tech_reports/92/92-10.pdf>. *Acesso em:* 18 de Setembro de 2005.

ANSELIN, L.; COHEN, J., COOK, D., GORR, W.; TITA, G. **Spatial Analyses of Crime**. Mensurament and Analyses of Crime and Justice. University of Illinois, EUA. Criminal Justice 2000. *Disponível em:* <http://www.ncjrs.org/criminal_justice2000vol_404e.pdf> *Acesso em* 25 de Outubro de 2005.

ANTENUCCI, J. C.; BROWN, K.; CROSWELL, P. L.; KEVANY, M. J.; ARCHER, H. **Geographic Information Systems: A Guide to the Technology**. USA, NY, New York: Chapman & Hall, 1991, 301p.

ASSUNÇÃO, R. M. **Estatística Espacial com Aplicações em Epidemiologia**, Economia, Sociologia. 7ª Escola de Modelos de Regressão, São Carlos, SP. 2001.

BAYLE, T. C. **Spatial Statistical Methods in Health**. *Cad. Saúde Pública*, set.out. 2001, v.17, n.5, p.1083-1098. 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.

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.

BEATO, C. C. F., **Informação e Desempenho Policial. Centro de Estudos em Criminalidade e Segurança Pública.** Disponível em: <<http://www.crisp.ufmg.br/infopol.pdf>>. Acesso em: 23 de junho de 2004. 2002.

BICHIR R. M.; TORRES, H. da G.; FERREIRA, M. P. **Jovens no Município de São Paulo: Explorando o Efeito das Relações de Vizinhança.** In: Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais. v.6, n.2. 2004.

CALIPER. **TransCAD User's Guide.** Newton, Massachusetts, Caliper Corporation, 1996.

CÂMARA, G; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHAES, G. C.; MEDEIROS, C. M.B. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas.** Campinas. Unicamp. 1996.

CÂMARA, G.; CORREA; V.; PAIVA, J. A.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; FREITAS, C. C.; RAMOS, F. R.; NEVES, M. C. **Geoprocessamento: teorias e aplicações.** 2001. Disponível em: <<http://www.ptr.Usp.br/Cursos/AnaliseEspacial/Livro/cap2-estatespacial.pdf>>. Acesso em: 25 de março de 2001.

CÂMARA, G; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. Análise espacial de áreas. In: **Análise espacial de dados geográficos.** FUKS, S.D.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G. A. M. V. (eds). Divisão de Processamentos de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil. 2002a. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf>> Acesso em 7 de maio de 2004.

CÂMARA, G; MONTEIRO A. M. CARVALHO, M. S. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: **Análise espacial de dados geográficos.** FUKS, S.D.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G. A. M. V. (eds). Divisão de Processamentos de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil. 2002b. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap3-superficies.pdf>>. Acesso em 7 de maio de 2004.

CÂMARA, G; CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D. Análise Espacial de Superfícies. In: **Análise espacial de dados geográficos.** FUKS, S.D.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.

A. M. V. (eds). Divisão de Processamentos de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Brasil. 2002c. *Disponível em:* <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em 7 de maio de 2004.

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.

CARVALHO, M. S. & SANTOS, R. S. **Análise de Dados Espacial em Saúde Pública: métodos, problemas e perspectivas.** *Cad. Saúde Pública*, mar./abr. 2005, v.21, n.4, p.361-378. ISSN 0102-311X.

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.

CET. **Fatos e Estatísticas de Acidentes de Trânsito em São Paulo.** Companhia de Engenharia de Tráfego-CET, Secretaria Municipal de Transportes, Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo, 2000.

DANTAS, A. S.; TACO, P. W. G.; YAMASHITA, Y. Sistema de Informação Geográfica em Transportes: o estudo do estado da arte. **Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília, v.1, p. 221-222.** 1996.

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

DENATRAN–DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de Veículos, por tipo de acordo com os Municípios da Federação.** 2005. *Disponível em:*

<www.detran.gov.br/frota/frota_munci_ago_05.xls>. Acesso em: 25 de Novembro de 2005.

DIAS, T. L., OLIVEIRA, M. P. G., CÂMARA, G., CARVALHO, M. S. **Problemas de Escala e a Relação Área-Indivíduo em Análise Espacial de Dados Censitários**. Informática Pública, v.4, n.1, p.89-104, 2002.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B.; **Fundamentals of Database Systems**. Fourth Edition Person Education, San Francisco, Volume I, 2003

ESRI **ArcView GIS, The Geographic Information System for Everyone, Using ArcView GIS**. Environmental Systems Research Institute, Redlands-CA. 1996.

FHWA–FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. U. S. Department of Transportation. **Implementation of GIS-Based Highway Safety Analysis: Bridging the Gap**. HSIS–Highway Safety Information System. Summary Report. McLean, Virginia, USA, FHWA-RD-01-039. 2001. Disponível em: <<http://www.hsisinfo.org/pdf/01-039.pdf>>. Acesso em: 17 de agosto de 2004.

FERREIRA, D. L. **Sistema de Informação Geográfica e Planejamento de Transporte Urbano. Estudo de Caso: Sistema Integrado de Transportes de Uberlândia**. Tese de Doutorado. USP, São Paulo, 2000.

GEIPOT. **Comparação da Segurança de Trânsito entre Brasília e outras Capitais Brasileiras**. 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 Acesso em 23 de novembro de 2004.

HENRIQUE, C. S. **Diagnóstico Espacial da Mobilidade e da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza**. Dissertação de Mestrado,

165p. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.

HUXHOLD, E. W. **An Introduction to Urban Geographic Information Systems**. Oxford Univ. Press. N. Y., Oxford. 1991.

IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades, o Brasil por Municípios**. Brasil. 2005. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 20 de dezembro de 2005.

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

IPEA–INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA. ANTP-ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas**. Síntese da Pesquisa. Brasília. 2003.

KAMPEL, A. M.; CÂMARA, G; QUINTANILHA, J. **Análise Exploratória das Relações Espaciais do Desflorestamento da Amazônia Legal Brasileira**. In: Simpósio Brasileiro de Geotecnologias–GISBrasil. Salvador, 2000. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/artigos/silvana-gisbrasil2000.pdf>> Acesso em 29 de março de 2004.

KREMPI, A. P. **Explorando Recursos de Estatística Espacial para Análise da Acessibilidade da Cidade de Bauru**. Dissertação de Mestrado. 98p. Programa de Pós Graduação em Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.

KENG, S. Helmet Use and Motorcycle Fatalities in Taiwan. **Accident Analysis and Prevention**, v.37. p.349-355. 2005. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/aap>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2005.

LANDIM, P.M.B., STURARO, J.R. & MONTEIRO, R. C. **Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada**. DGA/IGCE/UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatématica, Texto Didático 06, 12p. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 06 de Outubro de 2004.

LASCALA, E. A; GERBER, D. E GRUNEWALD, P. J. Demographic and Environmental Correlates of Pedestrian Injury Collisions: A Spatial Analysis. **Accident Analysis and Prevention**, v.32. p.651-658. 2000. *Disponível em:* <http://www.elsevier.com/locate/aap>. *Acesso em:* 18 de janeiro de 2005.

LEVINE, N; KIM, K. E.; NITZ, L. H. Spatial Analysis of Honolulu Motor Vehicle Crashes: I. Spatial Patterns. **Accidents Analysis and Prevention**, v.27, n.5, p.663-674, 1995a. *Disponível em:* <<http://www.elsevier.com/locate/aap>>. *Acesso em:* 18 de janeiro de 2005.

LEVINE, N; KIM, K. E.; NITZ, L. H. Spatial Analysis of Honolulu Motor Crashes Vehicle Crashes: II Zonal Generators. **Accidents Analysis and Prevention**, v.27, n.5, p.675-685, 1995b. *Disponível em:* <<http://www.elsevier.com/locate/aap>>. *Acesso em:* 18 de janeiro de 2005.

LEVINE, N. & KIM. E. K. The Location of Motor Vehicles Crash in Honolulu: a Methodology for Geocoding Intersections. **Comput. Environment And Urban Systems**, v.22, n.6, p.557-576. 1996.

LEVINE, N. **CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations (v.2.0)**. Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC. May 2002.

LIMA, M. L. C.; XIMENES, R. A. de A.; SOUZA, E. R.; LUNA, C. F. ALBUQUERQUE, M. F. P. M. Análise Espacial dos Determinantes Socioeconômicos dos Homicídios no Estado de Pernambuco. **Revista de Saúde Pública**, v.39. n.2. p.176-182. 2005.

LIMA, M. C. P. B.; BARROSO, M. M. de A.; MUZZARELLI, A. A determinação do melhor trajeto entre dois pontos de parada de ônibus, na região central de Belo Horizonte. In: **Geografia, Modelos de Análise Espacial e GIS**. Org. José Francisco de Abreu & Leônidas Conceição Barroso. Belo Horizonte: PUC – MINAS, 232p. 2003.

LOPES, E. S. S. **Procedimentos Estatísticos com o SPRING - INPE**. DGA/IGCE/UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 06, 59p. 2003.

Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. *Acesso em:* 06 de Outubro de 2004.

LOPES, S. B. **Estudo da Dependência Espacial em Modelos de Previsão de Demanda por Transportes**. Dissertação de Mestrado. 153p. Programa de Pós Graduação em Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

LOPES, S. B.; BRONDINO, N. C. M.; SILVA, A. N. R da. Um Estudo da Dependência Espacial em Modelos de Previsão de Demanda Por Transportes no Caso de Porto Alegre. *Anais...* 1º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável – PLURIS. São Carlos. 2005.

LOURENCO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Mapeamento de áreas de risco à saúde pública por meio de métodos geoestatísticos. *Cad. Saúde Pública*, 2005, v.21 n.1, Rio de Janeiro, jan/fev. ISSN 0102-311X. *Disponível em:* <<http://www.scielo.br>> *Acesso em:* 10 de Janeiro de 2005.

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, v.16, n.1, p.7-21. ISSN 0102-311X. *Disponível em:* <http://www.scielo.br>. *Acesso em:* 10 de Janeiro de 2005.

MANTOVANI, V. R. **Proposta de Um Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Tráfego**. Dissertação de Mestrado. 196p. São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. 2003.

MELIKER, R. J.; MAIO, F. R.; ZIMMERMAM, M. A.; KIM, H. M.; SMITH, S. C.; WILSON, L. M. Spatial Analysis of Alcohol-Related Motor Vehicle Crash Injuries. In Southeastern Michigan **Accident Analysis and Prevention**, v.36 p.1129–1135. 2004. *Disponível em:* <<http://www.elsevier.com/locate/aap>>. *Acesso em:* 18 de janeiro de 2005.

MENEGUETTE, A. **Sistemas de Informações Geográficas como uma Tecnologia Integradora: Contexto, Conceitos e Definições**. Projeto Courseware em Ciências Cartográficas. UNESP, Campus de Presidente Prudente, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2003. *Disponível em:* <http://www.prudente.unesp.br/dcartog/hp_arlete/courseware/av_intgeo.htm>. *Acesso em:* 28 de junho de 2004.

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

MURRAY, A. T.; MCGUFFOG, I.; WESTERN, J. S.; MULLINS, P. **Exploratory Spatial Data Analysis Techniques for Examining Urban Crime.** Centre for Crime and Justice Studies, Ohio, EUA, v.41. p.309–329. *Disponível em:* <http://geog-www.sbs.ohio-state.edu/facultymurray/personalresearch/crimepubsmurray-et-al2001.pdf>. *Acesso em* 28 de agosto de 2004.

NIJ-NATIONAL INSTITUTE OF JUSTICE. **Crimestat: User's Guide National Institute of Justice.** National Institute of Justice. Ned Levine & Associates. EUA. 2002 *Disponível em:* <<http://www.icpsr.umich.edu/NACJD/crimestat.html#download#>>. *Acesso em* 22 de fevereiro de 2005.

NTHSA-NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION. **Traffic Safety Facts, 1996: Pedestrians.** National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC. 1997.

ORTIZ, J. L. **Geoestatística.** DGA/IGCE/UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 08, 24p. 2002. *Disponível em:* <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html> *Acesso em:* 06 de Outubro de 2004.

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

QUEIROZ, M. P.; LOUREIRO, C. F. G. Análise Exploratória dos Acidentes de Trânsito Agregados nas Zonas de Tráfego de Fortaleza. *Anais...* XVI Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte. ANPET, v.1, p.518–529. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 2003.

QUEIROZ, M. P.; LOUREIRO, C. F. G.; YAMASHITA, Y. Caracterização de padrões pontuais de acidentes de trânsito aplicando as ferramentas de análise espacial. *Anais...*

XVIII Congresso de Ensino e Pesquisa em Transporte. ANPET, v.1, p.427-439. Florianópolis. 2004a.

QUEIROZ, M. P.; LOUREIRO, C. F. G.; YAMASHITA, Y. **Metodologia de Análise Espacial para Identificação de Locais Críticos Considerando a Severidade dos Acidentes de Trânsito.** Revista da ANPET. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte. v.12, n.2. 2004b. ISSN 1415-7713.

RAIA JUNIOR, A. A.; SOUZA, F. R. Análise Espacial de Acidentes de Trânsito em São Carlos – SP com o uso de Sistemas de Informações Geográficas. *Anais...* Conatran 2000 – Congresso Nacional de Trânsito. 2000.

RAIA JUNIOR, A. A. **Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice Potencial de Viagens Utilizando Redes Neurais e Sistemas de Informações Geográficas.** Tese de Doutorado, 217p. Programa de Pós Graduação em Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2000.

RAIA JUNIOR, A. A. **Fundamentos de Segurança no Trânsito.** Notas de Aula. Universidade Federal de São Carlos–UFSCar. Departamento de Engenharia Civil–DECiv. São Carlos. 129p. 2004.

RAIA JUNIOR.; A.A. (Coord.) **Banco de Dados Relacional de Acidentes de Trânsito do Município de São Carlos.** DECiv/UFSCar/Prefeitura Municipal de São Carlos. São Carlos. 2004.

SANTOS, L.; FERREIRA, D. L. **Sistemas de Informações Geográficas Aplicado ao Planejamento de Trânsito e Transporte.** Revista Caminhos da Geografia. v.5, n.12, p.94-113, jun/2004. Revista online. Disponível em: <www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html>. Acesso em: 25 de Julho de 2004.

SIMÕES, F. A. **SEGTRANS: Sistema de Gestão da Segurança no Trânsito Urbano.** Tese de Doutorado, 220p. Programa de Pós Graduação em Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2001.

SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**
Camara G, Souza R.C.M.; Freitas U.M.; Garrido, J. *Computers & Graphics*, v.20, n.3,
p.395-403, 1996.

TEIXEIRA, A. L. A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de Informações Geográficas:
Dicionário Ilustrado**. São Paulo, Hucitec. 1997.

YUNES, J. & RAJS, D. Trends in mortality due to violent causes in the overall population
and among adolescents and young people in the americas. *Cad. Saúde Pública*, 1994, v.10
supl.1, p.88-125. ISSN 0102-311X. *Disponível em:* <http://www.scielo.br>. *Acesso em:* 10 de
Janeiro de 2005.

VASCONCELLOS, E. A. Urban Development and Traffic Accidents in Brazil. In:
Accident Analysis & Prevention, v.31, n.4, p.319-328. 1991. *Disponível em:*
<http://www.elsevier.com/wps/find/journal_browse.cws_home>. *Acesso em* 18 de maio de
2004.

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

APÊNDICE

Agrupamentos no mínimo 10 acidentes ocorridos no raio de 5 metros em 2001

Ordem	Address	Quantidade de Acidentes
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
5	Av São Carlos and Rua 15 de Novembro	18
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
11	Rua 9 de Julho and Rua 15 de Novembro	15
12	Rua Episcopal and Rua Bento Carlos	14
13	Rua Major José Inácio and Rua São Joaquim	14
14	Rua 15 de Novembro and Rua São Joaquim	14
15	Av São Carlos and Rua 7 de Setembro	13
16	Av Júlio Gregório and Rua Desembargador Júlio de F	12
17	Rua Dona Ana Prado and Rua Cândido Padim	12
18	Av São Carlos and Rua Santa Cruz	12
19	Av Getúlio Vargas And Mons. Alcindo Carlos Veloso	12
20	Av Comendador Alfredo Maffei and Rua Major Manoel	12
21	Av São Carlos and Major José Inácio	12
22	Av Dr. Carlos Botelho and Rua São Joaquim	12
23	Av Comendador Alfredo Maffei and Rua Delfino Martinez	11
24	Rua Paulino Botelho de Abreu and Rua Maria Jacinta	11
25	Av Aquidabam and Av Comendador Alfredo Maffei	11
26	Rua 15 de Novembro and Rua José Bonifácio	11
27	Rua 15 de Novembro and Rua Aquidabam	11
28	Rua Episcopal and 15 de Novembro	11
29	Av Comendador Alfredo Maffei and Rua DA Alexandrina	11
30	Av Trabalhador São Carlense and Rua São Joaquim	11

Agrupamentos no mínimo 11 acidentes ocorridos no raio de 5 metros em 2002

Ordem	Address	Quantidade de Acidentes
1	Av São Carlos and Rua 15 de Novembro	23
2	Rua 15 de Novembro and Episcopal	20
3	Av Getulio Vargas and Rua Amadeu Amaral	18
4	Rua 15 de Novembro and Rua D. Pedro II	17
5	Rua 15 de Novembro and Rua S o Joaquim	17
6	Av são Carlos and Rua Bento Carlos	17
7	Av são Carlos and Praça Itália	16
8	Av são Carlos and Rua Raimundo Correia	16
9	Av S o Carlos and Carlos Botelho	15
10	Rua S o Paulo and Rua Padre Teixeira	14
11	Av Francisco Pereira Lopes and Rua Miguel Petroni	14
12	Av são Carlos and Rua Santa Cruz	14
13	Av Dr. Carlos Botelho and Rua Visconde de Inhaúma	13
14	Av são Carlos and Rua Padre Teixeira	13
15	Av são Carlos and Rua Cezar Ricome	13
16	Rua Major Jose Inácio and Rua são Joaquim	12
17	Av Dr. Carlos Botelho and Rua S o Joaquim	12
18	Rua Bento Carlos and Rua Jose Bonifácio	12
19	Av Dr Teixeira de Barros and Rua Candido Padim	12
20	Av Jose Pereira Lopes and Av Henrique Gregori	12
21	Rua General Ozório and Rua Riachuelo	12
22	Av Trabalhador S o Carlense and Av Episcopal	11
23	Rua DA Alexandrina and Rua Conde do Pinhal	11
24	Av Comendador Alfredo Maffei and Rua 9 de Julho	11
25	Av Dr Carlos Botelho and Rua Cap Adão Pereira da Silva	11
26	Rua DA Alexandrina and Rua 15 de Novembro	11
27	Rua da Alexandrina and Rua Cezar Ricome	11

Agrupamentos no mínimo 11 acidentes ocorridos no raio de 10 metros em 2003

Ordem	ADDRESS	Total de Acidentes
1	Rua Episcopal and Rua Jesuíno de Arruda	40
2	Av São Carlos and Rua 15 de Novembro	32
3	Av Comendador Alfredo Maffei and Av Francisco Pereira Lopes	24
4	Rua Episcopal and Rua 15 de Novembro	21
5	Av Francisco Pereira Lopes and Miguel Petroni	20
6	Av são Carlos and Rua Major Jose Inácio	18
7	Rua DA Alexandrina and Rua Conde do Pinhal	16
8	Av Dr Carlos Botelho and Rua são Joaquim	16
9	Rua 15 de Novembro and Rua 9 de Julho	16
10	Rua Candido Padim and Rua DA Ana Prado	16
11	Av Trabalhador são Carlense and Rua são Joaquim	15
12	Rua 15 de Novembro and Rua são Joaquim	14
13	Av são Carlos and Rua 7 de Setembro	14
14	Rua Major Jose Inácio and Rua são Joaquim	14
15	Av Getulio Vargas and Rua Amadeu Amaral	14
16	Av são Carlos and Av Santa Cruz	13
17	Rua Padre Teixeira and Rua são Paulo	13
18	Av Trabalhador são Carlense and Rua Da Alexandrina	13
19	Av são Carlos and Rua Eugenio de Andrade Egas	13
20	Av são Carlos And Praça Itália	13
21	Av Dr Jose Pereira Lopes and Av Henrique Gregori	13
22	Rua 15 de Novembro and Rua D. Pedro II	12
23	Av Dr Carlos Botelho and Rua Episcopal	12
24	Av Comendador Alfredo Maffei and Av Major Manoel Antonio Matos	12
25	Rua João Lourenço Rodrigues and praça Itália	12
26	Av são Carlos and Rua Raimundo Correa	12
27	Av Grécia and Rua Coronel Leopoldo Prado	12
28	Av Grécia and Rua Pádua Salles	12
29	Av Trabalhador são Carlense and Episcopal	11
30	Rua 15 de Novembro and Rua Cap. Adão Pereira da Silva	11
31	Rua 15 de Novembro and Rua Maestro João Seppe	11
32	Av Comendador Alfredo Maffei and Rua Delfino Martins Cama	11
33	Av são Carlos and Av Cezar Ricome	11
34	Av são Carlos and Av Capitão Alberto Mendes Junior	11