

ANÁLISE DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – SP – BRASIL, UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E FERRAMENTAS DE ESTATÍSTICAS ESPACIAL

L. Santos e A. A. Raia Júnior

RESUMO

Os acidentes de trânsito têm assumido números elevados, registrando uma grande quantidade de feridos e danos materiais. 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 tráfego. 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, 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 mostrou que os acidentes de trânsito ocorreram por toda malha viária, sendo 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.

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). 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 dos números 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 1997 a 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.

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 veículo/ano. Entretanto, no ano de 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-lo ou reduzir os impactos gerados por eles, encontrando assim soluções para a redução desse problema. 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.

2 ANÁLISE ESPACIAL: CONCEITOS E FERRAMENTAS

2.1 Conceitos de Análise Espacial

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. Ou seja, 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 (Krempf, 2004).

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 apresentam autocorrelação espacial, como também exibem padrões significantes de instabilidade espacial*”

Anselin 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 (2005), afirmam que na análise exploratória os métodos são descritivos e não confirmatórios, com o intuito de confirmar padrões e estimar 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 análise multivariadas com os componentes espaciais (Câmara, 2002b; Lopes, 2005).

2.2 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, em toda técnica de 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 1 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, no caso contrário).

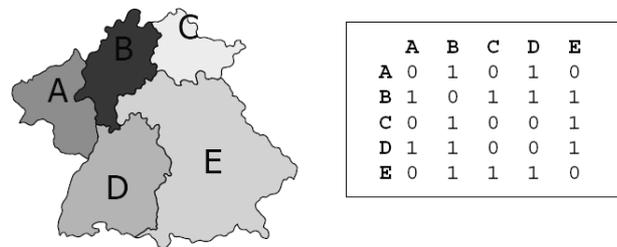


Figura 1 - Áreas e Matriz de Proximidade Espacial (Câmara et al 1996)

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.

2.2.1 Visualização dos 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, deve-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 do 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.

2.2.2 Média Espacial Móvel

A média móvel é um dos indicadores mais antigos e o mais utilizado para prever futuras tendências. A média móvel permite calcular o valor médio de um valor 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:

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

Onde: μ_i = médias ponderadas

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

y_j = valor do atributo

2.2.3 Índice de Moran (I)

O Índice de Moran varia no intervalo de -1 a $+1$, com valores próximos a zero indicando ausência de correlação espacial (diferenças entre vizinhos), valores positivos indicando autocorrelação espacial positiva, ou seja, a existências 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, o índice de Moran 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.

2.3 – Análise Espacial Aplicada à Segurança Viária

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), onde os autores utilizaram ferramentas de análise espacial, aplicadas à segurança viária, para a identificação de correlação espacial entre acidentes de trânsito com pedestres e densidade populacional da cidade de San Francisco – CA - EUA. Neste estudo, os autores chegaram ao resultado de 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) Santos (2006), 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. Os autores também utilizaram 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.

3 ANALISE DOS ACIDENTES EM SÃO CARLOS

Para realização deste trabalho a metodologia foi dividida em 3 etapas: georreferenciamento dos acidentes, identificação de pontos críticos e identificação de áreas críticas.

3.1 Georreferenciamento dos Acidentes

Para realização desta tarefa, foram geradas tabelas no formato de planilhas eletrônicas para cada período do ano de estudo desta pesquisa (2001, 2002 e 2003) com todos os campos constantes nos boletins de ocorrências do BDAT-Banco de Dados de Acidentes de Trânsito de São Carlos, desenvolvido por Raia Jr. (2004). Afim de que o processo de georreferenciamento fosse realizado com sucesso, essas tabelas passaram por um pequeno ajuste. Após serem geradas, essas tabelas foram importadas pelo TransCAD e executou-se o processo de georreferenciamento. Finalizada a tarefa, o resultado foi satisfatório, visto que em relação ao total de acidentes ocorridos no período, cada ano obteve um georreferenciamento superior ao ano anterior. Isto se deve ao fato de que, tanto o banco de dados relacional de acidentes quanto o banco de dados geográfico passaram por uma atualização e uma preparação para este processo. O maior percentual georreferenciado se refere a 2003, com um total de 84,01% dos acidentes de trânsito localizados, sendo seguidos por 2002, com 82,29% e 2001, com 78,94%.

O georreferenciamento mostrou também que os acidentes ocorreram por quase toda malha viária da cidade, com uma concentração maior nas áreas centrais da cidade. Os atropelamentos ocorreram de forma dispersa pela cidade, ocorrendo tanto no centro quanto nos bairros mais afastados sendo que em 2001 eles ocorriam com maiores frequências nas vias centrais. Porém em 2002 e 2003 eles passaram a ocorrer de forma mais dispersa na área urbana. Os acidentes com vítimas fatais no período ocorreram somente em áreas periféricas da cidade isso ocorre, provavelmente, devido às maiores velocidades dos automóveis desenvolvidas nas áreas de menor circulação de automóveis, tornando assim os acidentes nessa área com maiores gravidades.

Apesar de se ter conseguido um bom percentual de georreferenciamento dos acidentes no período em estudo, deve-se lembrar que aproximadamente 18,8% dos acidentes ocorridos no período compreendido entre 2001 a 2003 não puderam ser localizados por não apresentarem corretamente o endereço do local onde ocorreu o acidente.

3.2 Identificação de Pontos Críticos

Pontos críticos são os locais que apresentam as maiores taxas de ocorrência de acidentes de trânsito, baseados em índices determinados, em relação a outros pontos de referência. Esses locais possuem um número de acidentes elevado em relação aos outros locais onde ocorrem os acidentes, ou estão com valores superior a um critério estabelecido pelos órgãos gestores do trânsito. Para a identificação dos pontos críticos de acidentes foram realizados vários agrupamentos. Esses agrupamentos, além de contabilizar a quantidade de acidentes ocorridos em um local, quantificam também os acidentes que aconteceram em uma área a seu redor. O valor dessa área é definido pelo usuário através dos valores mínimos de acidentes dentro de uma determinada distância, ou seja, qual o número mínimo de acidentes que podem estar contido em um agrupamento.

Para cada ano de estudo, foram elaborados agrupamentos alterando a quantidade de pontos e a distância limite onde estes pontos deveriam estar localizados. Foram gerados agrupamentos de 10 metros com a quantidade mínima de 11 pontos. A definição da distância de 10 metros foi motivada por agrupar a maioria dos acidentes que ocorrem próximo à interseção, inclusive os atropelamentos que ocorrem na faixa de pedestre. Desta forma foram encontrados uma grande quantidade de pontos críticos conforme pode ser observada na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Quantidade de agrupamentos encontrados em cada ano

Ano	Agrupamentos de 10 metros	Agrupamento de 30 metros
2001	30	46
2002	27	43
2003	34	41

A Figura 2 ilustra os agrupamentos com mais de 10 acidentes ocorridos em um raio de 10 metros.

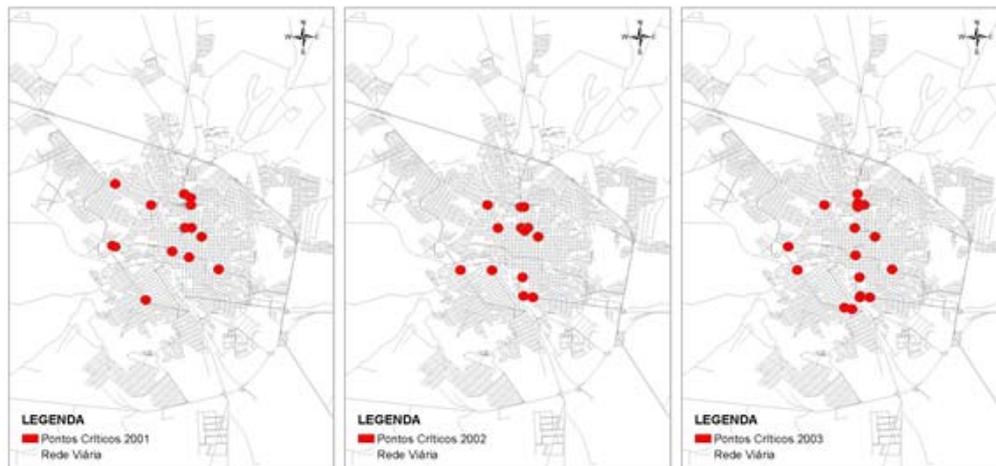


Figura 2 - Pontos Críticos Com Agrupamentos de 10 ocorrências em 10 metros

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, uma atenção deve ser dada a interseção entre a Avenida São Carlos com a Rua 15 de Novembro. Esse cruzamento aparece entre os que mais ocorreram acidentes de trânsito nos últimos 3 anos, tendo ainda um aumento considerável no número de acidentes, no último ano. Esse local saltou de 18 acidentes, em 2001, para 32 acidentes, em 2003, onde a maioria das ocorrências de acidente no local foi devido à colisão traseira. No segundo caso, a situação que mais chama a atenção é o aparecimento da interseção entre a Rua Jesuíno de Arruda com a Rua Episcopal. Esse cruzamento não era encontrado entre os 30 cruzamentos com mais acidentes nos anos de 2001 e 2002, entretanto, em 2003, ele aparece em primeiro lugar em número absoluto de acidentes de trânsito, com um total de 40 acidentes ocorridos no ano. Desse total de acidentes, 29 foram colisões transversais, tendo como a provável causa a desobediência à sinalização, segundo os 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 que podem ser levantados é verificar se houve a implantação de pólos geradores de tráfego no local, ou mesmo se ocorreu alguma alteração geométrica na via, implantação ou retirada de sinalização eletrônica, ou, em alguns casos, se houve algum tipo de mudança em interseções próxima a esta que proporcionaram um deslocamento desses acidentes para outra região. Há casos em que em uma melhoria na fluidez do tráfego em uma interseção pode provocar um afunilamento em pontos mais à frente que poderá proporcionando novos conflitos ou ampliar os já existentes, provocando assim novos acidentes de trânsito.

3.3 Identificação de Áreas 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:

$$IAZEV_i = \frac{NAZ_i \times 100}{EVZ_i} \quad (2)$$

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

A extensão da malha viária por zona foi obtida através de uma sobreposição entre os mapas dos setores Censitários do IBGE e o mapa da rede viária do município de São Carlos, obtendo assim a distância da malha viária em cada setor. A multiplicação por 100 é utilizada para que seja evitado valor menor 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. Após o cálculo do IAZEV para os anos de 2001, 2002 e 2003, foi observado uma concentração maior do índice nas áreas centrais da cidade e com 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 das Avenida São Carlos e Dona Alexandrina, nos sentidos dos bairros Vila Marina e Cidade Jardim ao norte e Vila Prado ao sul. Essa concentração na região central ocorre devido a maior concentração de fluxo de veículos e pessoas nessas áreas por causa da aglomeração de atividades comerciais.

Para o IAZEV o Índice de Global de Moran apresentou um padrão de autocorrelação espacial nas áreas de estudo (Figura 3), mas que vem diminuindo a cada ano. Esse padrão indicou que, em 2001, havia uma autocorrelação espacial com valor de 0,629. Entretanto, esse valor é reduzido nos anos seguintes de forma gradual. Para 2002 o valor encontrado do Índice Global de Moran foi de 0,608 e para 2003 o valor encontrado foi de 0,586. Essa redução, caso seja mantida, é um indicativo de que os acidentes estão se tornando cada vez mais aleatórios conforme alertado nos trabalhos de Queiroz (2003) e Santos (2006).

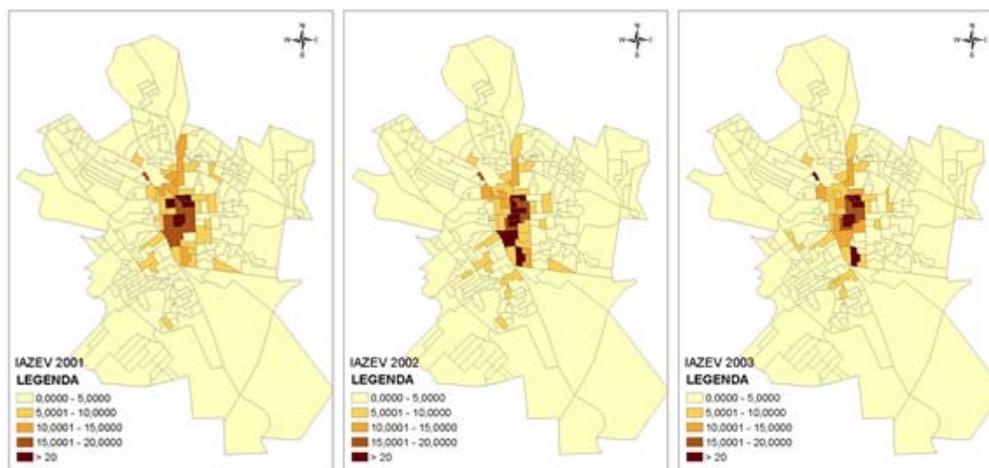


Figura 3 - Distribuição Espacial dos Índices de Acidentes Por Extensão da Zona Viária

Ao se utilizar o índice de Média Espacial Móvel foi possível visualizar melhor a concentração de acidentes na região central da área urbana da cidade (Figura 4), com uma leve progressão ao redor dessa região, mantendo-se um crescimento em direção a região sul nos anos de 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 ele apresenta uma suavização dos valores de cada zona em relação aos valores das zonas vizinhas.

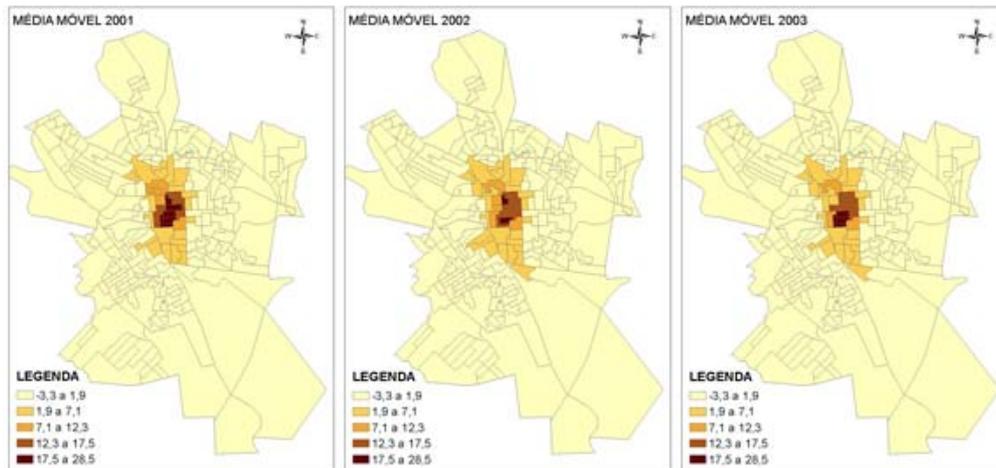


Figura 4 - Distribuição da Média Espacial Móvel Para a Cidade de São Carlos

Para identificação das áreas críticas foram utilizadas as informações do Moran Map. O Moran Map apresenta as zonas que possuem relação espacial positiva, representada pela classe Q1 da Figura 5 e com significância espacial acima de 95 %. O Moran Map confirma 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%.

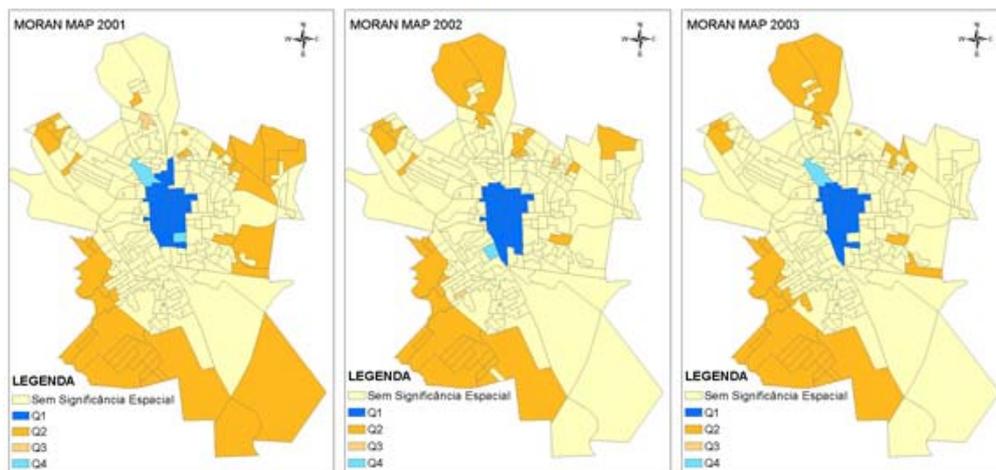


Figura 5 - Identificação das Zonas Críticas de Acidentes de Trânsito

Isto demonstra 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.

3.4 Zonas de Transição

A identificação das zonas de transição é realizada utilizando-se os valores do Diagrama de Espalhamento de Moran, gerados pelo cálculo da Associação Espacial de Moran. 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.

Após a elaboração do Box Map (Figura 6) 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 média dos vizinhos negativa, se encontram nas zonas periféricas da cidade. As áreas de transição são identificadas próximas as zonas centrais (classes 3 e 4).

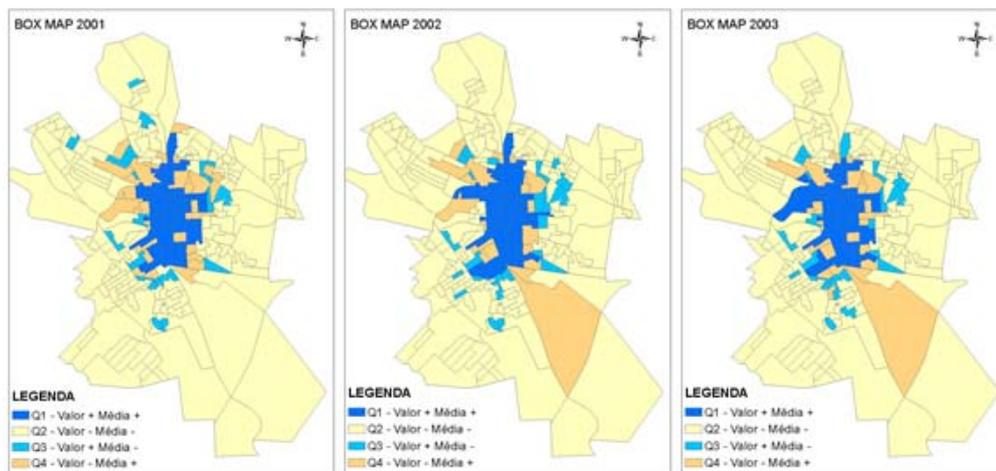


Figura 6 - Identificação das Zonas de Transição dos Acidentes de Trânsito

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

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de São Carlos, assim como vários outros municípios do Brasil, apresentam altos índices de acidentes de trânsito, com um 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.

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

A distribuição pontual dos acidentes pôde ser melhor 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 no município, 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 ocorreram em interseções quanto os que aconteceram próximo a elas ou em meio de quadras.

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 destas ferramentas foi possível confirmar a região central como a região onde ocorrem os maiores índices de acidentes de trânsito no município de São Carlos. O estudo demonstrou também, através das ferramentas de análise espacial e do Índice de Moran que, assim como em outras cidades do Brasil, os acidentes de trânsito estão ficando cada vez mais dispersos pela área urbana, apresentando um crescimento 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 restringir-se as áreas centrais. 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, não havendo a manutenção da sinalização horizontal e vertical dos bairros, o que acaba proporcionando ambientes favoráveis à ocorrência de acidentes de trânsito.

Agradecimentos

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

6 REFERÊNCIAS

Câmara, G; Carvalho, M. S.; Cruz, O. G.; Correa, V. (2002a). Análise espacial de áreas. *In: Análise espacial de dados geográficos*, eds. Fuks, S.D.; Carvalho, M. S.; Câmara, G. A. M. V. – Divisão de Processamentos de Imagens – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos – Brasil. 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. (2002b). Análise Espacial e Geoprocessamento. *In: Análise espacial de dados geográficos*, eds. Fuks, S.D.; Carvalho, M. S.; Câmara, G. A. M. V. – Divisão de

Processamentos de Imagens – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos – Brasil. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap3-superficies.pdf>> Acesso em 7 de maio de 2004.

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

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

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

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

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

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

Queiroz, M. P & Loureiro, C. F. G. (2003) 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 – RJ.

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

Queiroz, M. P.; Loureiro, C. F. G.; Yamashita, Y. (2004a) 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 – SC.

Queiroz, M. P.; Loureiro, C. F. G.; Yamashita, Y. (2004b) **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. Volume XII. Número 2. Dezembro. ISSN 1415-7713.

Raia Jr., A.A. (Coord.) (2004) **Banco de Dados Relacional de Acidentes de Trânsito do Município de São Carlos**. Deciv/UFSCar/Prefeitura Municipal de São Carlos. São Carlos.

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

Simões, F. A. (2001) **SEGTRANS: Sistema de Gestão da Segurança no Trânsito Urbano**. São Carlos - SP. 220fl. EESC-USP. Tese de Doutorado.