

## **ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS GEOGRÁFICOS: A UTILIZAÇÃO DA *EXPLORATORY SPATIAL DATA ANALYSIS - ESDA* PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS (SP)**

### **Spatial analysis of Geographic Data: the use of the *Exploratory Spatial Data Analysis - ESDA* for identification of critical areas of traffic accidents in the São Carlos (SP)**

*Msc. Luciano dos Santos*  
Secretaria Municipal de Planejamento e Meio Ambiente  
Prefeitura Municipal de Uberlândia

*Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior*  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana  
Universidade Federal de São Carlos

Artigo recebido em 25/07/2006 e aceito para publicação em 03/10/2006

**RESUMO:** *A Análise Espacial é uma das várias formas de se compreender como estão interrelacionados alguns eventos espaciais. Atualmente, essa técnica vem sendo incorporada para diversas áreas do conhecimento tais como, as áreas de saúde, transporte e trânsito. Este trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicação da análise exploratória de dados espaciais ou ESDA, para a identificação de áreas críticas de acidentes de trânsito em cidades de médio porte, tendo como área de estudo o Município de São Carlos – SP – Brasil. Nesse estudo foi possível demonstrar a viabilidade de utilização dessa técnica, visto que foi possível incorporar novos parâmetros de análise dos acidentes proporcionando novos meios para identificação de áreas problemáticas, facilitando a sua análise.*

**Palavras Chave:** Análise Espacial, Índice de Moran, Acidentes de Trânsito

**ABSTRACT:** *The Spatial Analysis is one of the some forms of if understanding as some spatial events are relationships. Currently, this technique to see being incorporated for diverse areas of the knowledge such as, the health areas, has carried and transit. This work has as objective to demonstrate the application of the Exploratory Spatial Data Analysis - ESDA, for the identification of critical areas of traffic accidents in cities of average transport, having as study area the São Carlos - SP - Brazil. In this study it was possible to demonstrate to the viability of use of this technique, since it was possible to incorporate new parameters of analysis of the accidents being provided new ways for identification of problematic areas, facilitating its analysis.*

**Keywords:** Spatial Analysis, Index of Moran, traffic accidents

## 1 - INTRODUÇÃO

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 (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), 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 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 (2003), 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 da 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).

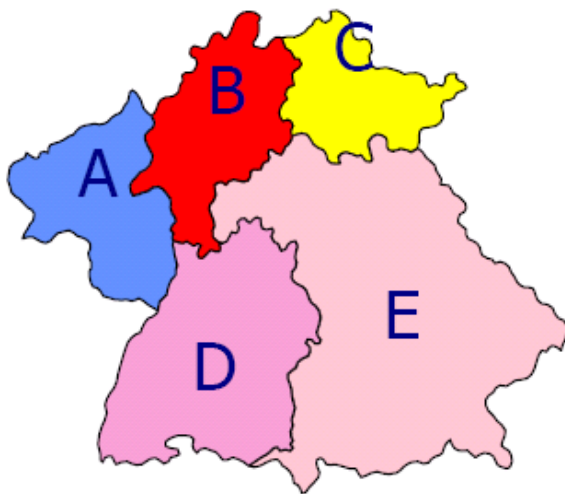
## 2 - ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

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).



	A	B	C	D	E
A	0	1	0	1	0
B	1	0	1	1	1
C	0	1	0	0	1
D	1	1	0	0	1
E	0	1	1	1	0

**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.

## 2.1 - 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, 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 - 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:

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

Onde:

$\mu_i$  = médias ponderadas

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

$y_j$  = valor do atributo

## 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.

BICHIR et al (2004) exemplificam de forma objetiva o funcionamento do Índice de Moran (I) no estudo de segregação espacial em um estudo 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 altas concentração de não-pobres) e o Índice de Moran se aproximará de um.”*

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.

## 2.4 - Indicadores Locais de Associação Espacial - LISA

O LISA (Indicador Local de Associação Espacial) 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), um indicador local de autocorrelação espacial tem de atender a dois objetivos específicos:

- ❑ Permitir a identificação de padrões de associação espacial significativos;
- ❑ 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 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 4 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, este apresenta alguns problemas de interpretação em função de sua distribuição estatística não ser perfeitamente conhecida, sendo então um dos índices mais difíceis de serem utilizados (KAMPEL et al, 2000)

## 2.5 - 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 (ANSELIN, 1992). Assim, o índice de Moran é dado por:

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

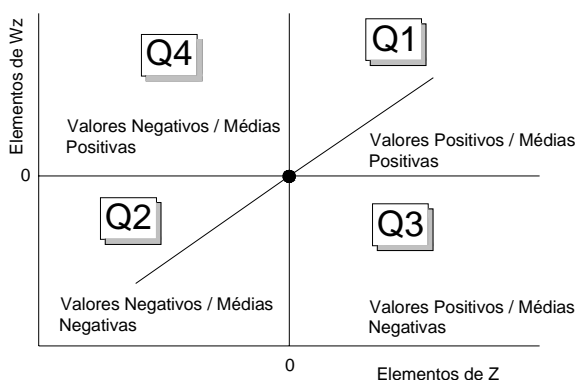
onde:  $I$  = Índice de autocorrelação espacial;

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

$W_z$  = é o vetor da média ponderada, onde cada vetor possui os valores médios dos vizinhos.

O diagrama é dividido em quadrantes (figura 2) 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 2** - Diagrama de Espalhamento de Moran

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;
- ❑ 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”.

### 3 – IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS E ZONAS DE TRÂNSIÇÃO

Para identificação das áreas críticas foi necessário um índice que viesse a reduzir a influência do tamanho da área. Neste caso, foi utilizado o índice 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 SANTOS (2006) como sendo:

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

Onde:  $NAZ_i$  é o número de acidentes ocorridos na zona,

$EVZ_i$  é a extensão da malha viária na zona,

A extensão da malha viária por zona, assim como o número de acidentes de trânsito ocorridos em uma área, foi obtida através de uma consulta espacial entre os mapas dos setores Censitários do IBGE, o mapa da rede viária do município de São Carlos e o georreferenciamento dos acidentes de trânsito ocorridos no ano de 2003. 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 a definição desses índices, é 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 com o valor do Índice de 0,586. 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.

### 3.1 – Visualização dos dados e Média Espacial Móvel.

A distribuição do Índice de Acidentes de Trânsito por Área para o município de São Carlos pode ser visto na figura 3a. Nesta figura, é observada a distribuição do IAZEV, através da ferramenta de visualização dos dados onde pode ser observada

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. 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. Ao se comparar a mesma área utilizando a ferramenta média espacial móvel (figura 3b), é possível notar uma distribuição mais suave entre as classes, propiciando uma melhor identificação das áreas com valores elevados. 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

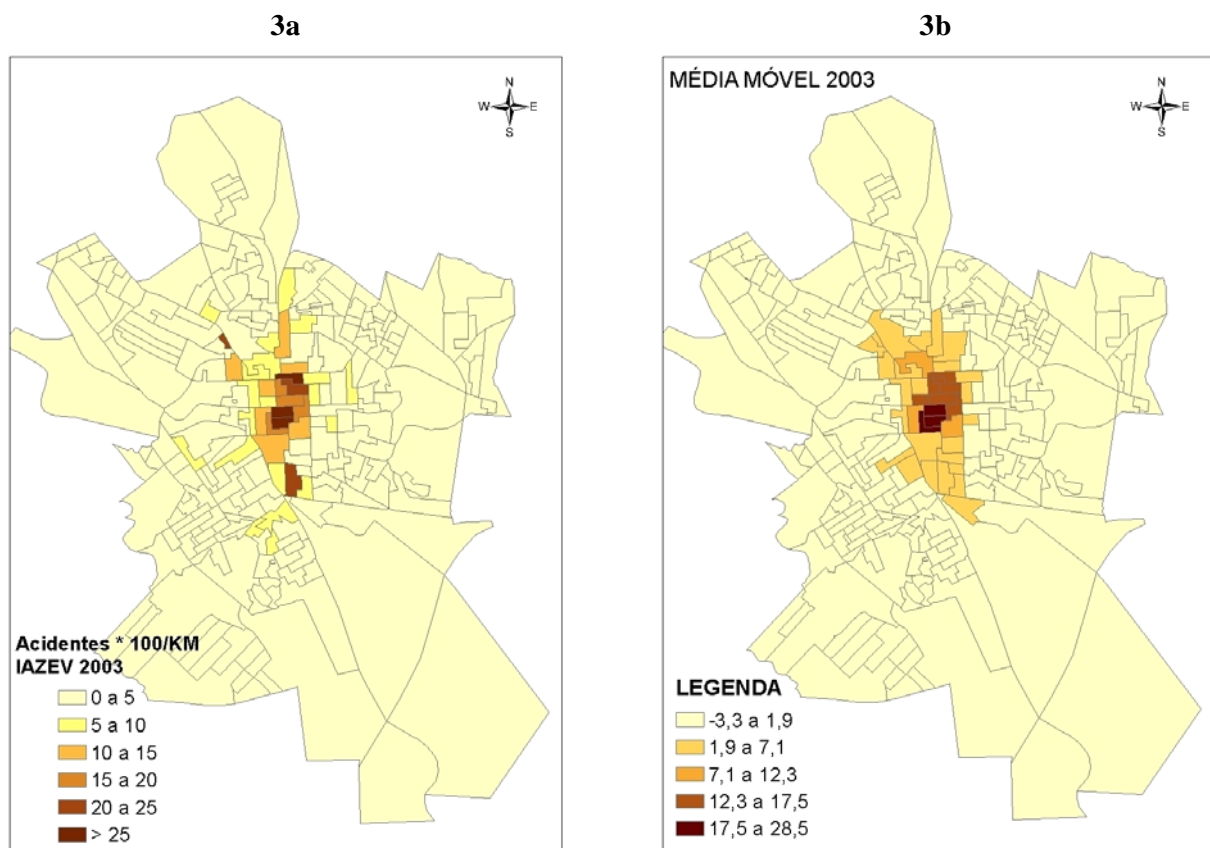


Figura 3 - Visualização dos dados e Média Espacial Móvel dos Acidentes de Trânsito de São Carlos

Isso ocorre, conforme visto anteriormente, porque a Média Espacial Móvel tem a função de alterar os valores de cada área, elevando ou

abaixando o valor da área de acordo com o valor médio das áreas vizinhas.

### 3.2 – 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 efetuado pelo Spring. 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 4 apresenta o Box Map para o período

de estudo. Neste mapa é 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). É possível identificar alguns *outliers* na classe Q3 (valores altos em zonas com vizinhos de valores baixos) em algumas regiões da cidade principalmente na região sul e sudoeste.

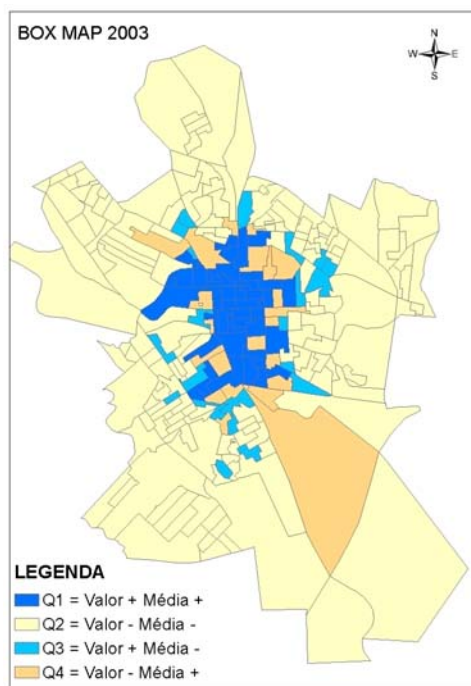


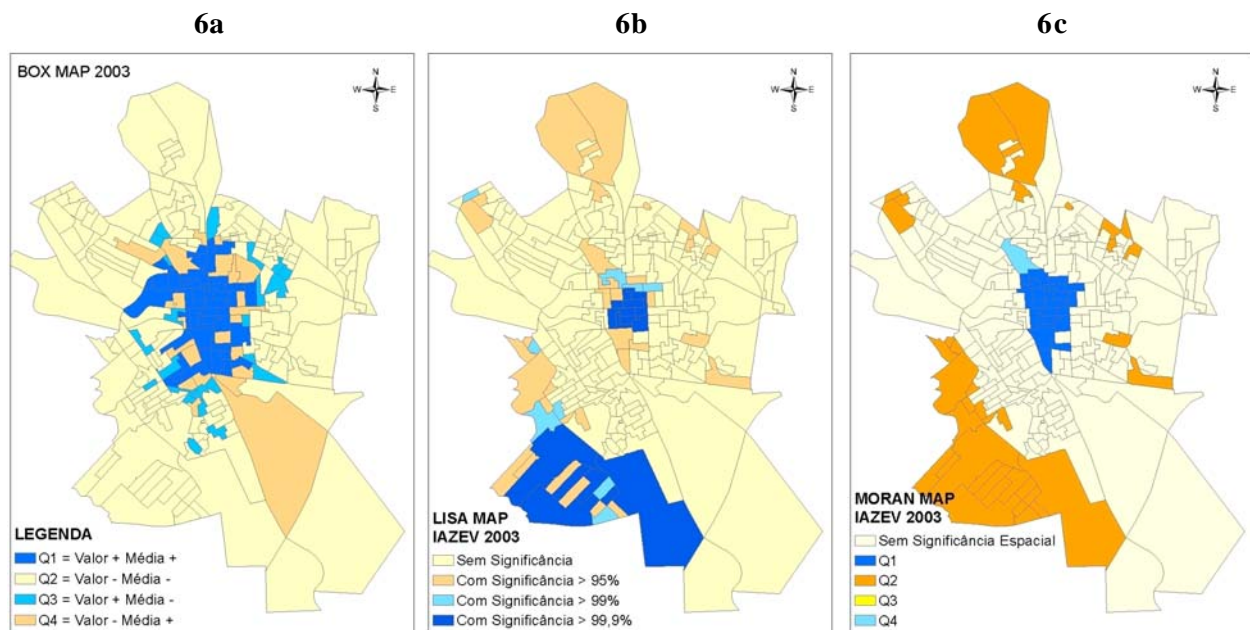
Figura 4 - Identificação das Áreas de Transição dos Acidentes de Trânsito

### 3.3 – Área Crítica de Acidentes

Para identificação das áreas críticas foram utilizadas as informações do Moran Map apresentado na figura 6c. O Moran Map apresenta as zonas que possuem relação espacial positiva, representada pela classe Q1 da figura 6a e com significância espacial acima de 95 % identificados no Lisa Map da Figura 6b. 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% representado pelo Lisa Map. Desta forma a zona crítica de acidentes de trânsito de São Carlos pode ser observada na figura 6c, identificadas pela classe Q1 do Moran Map, representadas pela cor azul.





**Figura 5** - Identificação da Zona Crítica 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 às 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.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de São Carlos, assim como vários outros municípios do Brasil, apresenta 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.

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 ser restrita às 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. Um 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, provocando uma maior número de viagem de veículos particulares partindo e chegando a essas regiões, aumentando o número de conflitos de pedestres e veículos, possibilitando cada vez mais acidentes. A situação pode ser mais perigosa ainda visto que, por se tratar, em muitos casos de população de classe social C e D, muitas vezes a opção de compra dos veículos se restringe a veículos com vários anos de uso, e que em muitos casos não possuem uma manutenção preventiva, fazendo com que alguns veículos trafeguem pelas ruas da cidade sem as mínimas condições de segurança para os condutores e para os demais usuários da via.

## 5 - REFERENCIAS

ANSELIN, L. *Spacestat – User’s Guide*. University of Illinois. Urbana – Champaign, Urbana. USA. 1992.

ANSELIN, Luc. **Local Indicators of Spatial Association – LISA**. *Geographic Analysis*, 27:91-114. 1995

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.

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; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. 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. 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**, 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. 2002b. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap3-superficies.pdf>> Acesso em 7 de maio de 2004.

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**. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo – Programa de Pós Graduação em Transportes. 98 fl. Dissertação de Mestrado. 2004.

LOPES, E. S. S. **Procedimentos Estatísticos com o SPRING - INPE**. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatática, Texto Didático 06, 59 pp. 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**. Escola de Engenharia de São Carlos

– Universidade de São Paulo – Programa de Pós Graduação em Transportes. 153 fl. Dissertação de Mestrado. 2005.

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

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, Número 2. Novembro. 2004.

SANTOS, L. **Análise dos Acidentes de Trânsito do Município de São Carlos Utilizando Sistema de Informações Geográficas e Ferramentas de Análise Espacial.** Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. 139 fls. Dissertação de Mestrado. 2006

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

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