

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

**EFEITOS DA CONFIGURAÇÃO URBANA NA ACIDENTALIDADE  
ENVOLVENDO PEDESTRES EM CIDADES DE PORTE MÉDIO**

**CÁSSIO LEANDRO DO CARMO**

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.

Orientação: Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior

Coorientação: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Dantas Nogueira

São Carlos

2013

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

C287ec

Carmo, Cássio Leandro do.

Efeitos da configuração urbana na acidentalidade envolvendo pedestres em cidades de porte médio / Cássio Leandro do Carmo. -- São Carlos : UFSCar, 2013.  
114 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Segurança viária. 2. Pedestres. 3. Atropelamento. 4. Sintaxe espacial. 5. Sistemas de informação geográfica. I. Título.

CDD: 363.12 (20ª)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana  
C. P. 676 – 13.560-970 – São Carlos – SP  
Fone/FAX: (16) 3351-8295  
e-mail: ppgeu@ufscar.br home-page: www.ppgeu.ufscar.br



## FOLHA DE APROVAÇÃO

CÁSSIO LEANDRO DO CARMO

Dissertação defendida e aprovada em 29/07/2013  
pela Comissão Julgadora

---

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Junior  
Orientador (DECiv/UFSCar)

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Garcia Ferreira  
(DECiv/UFSCar)

---

Profª Drª Adriane Monteiro Fontana  
(FATEC/São Caetano)

---

Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva  
Coordenador do CPG-EU

# DEDICATÓRIA

---

*Aos meus pais  
e aos meus irmãos,*

*dedico esta dissertação.*

## **AGRADECIMENTOS**

---

A Deus, por me oferecer oportunidades e abençoar-me em minhas escolhas;

aos meus pais, Dorcílio e Alice, pelo amor, compreensão e dedicação;

aos meus irmãos, Evandro e Márcia, pela companhia e exemplo;

ao Professor Archimedes, pela oportunidade oferecida de cursar o Mestrado e pela dedicação em sua orientação, mesmo nos momentos de dificuldades;

à Professora Adriana, pela disponibilidade, mesmo distante, nos ensinamentos a respeito da Teoria da Sintaxe Espacial;

aos Professores Marcos Antonio Garcia Ferreira e Adriane Monteiro Fontana, pela disponibilidade em participar da banca examinadora, e assim contribuírem para a melhor qualidade do trabalho;

ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, pela oportunidade de reingresso, após vários anos, na vida acadêmica;

aos amigos do NESTTRAL - Núcleo de Estudos em Trânsito, Transportes e Logística e NEMS – Núcleo de Estudos de Mobilidade Sustentável, da Universidade Federal de São Carlos;

a Ana Beatriz Segadilha, Moisés, Netto, Roseli, Tiago, e demais colegas do Mestrado, pela amizade e companheirismo;

à CAPES, pela bolsa concedida para esta pesquisa;

à Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos, Secretaria de Planejamento Estratégico, Ciência, Tecnologia e Inovação e EMPRO – Empresa Municipal de Processamento de Dados de São José do Rio Preto, e à APATRU – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito, pelo fornecimento dos dados que propiciaram a realização desta pesquisa;

e a todos que contribuíram, de alguma forma, para a viabilização deste trabalho,

meus sinceros agradecimentos.

*“When you have eliminated the impossible, whatever remains,  
however improbable, must be the truth”*

*Arthur Conan Doyle*

## RESUMO

---

Este trabalho visa analisar a acidentalidade viária urbana de pedestres e sua correlação com a configuração urbana nas cidades de São Carlos e São José do Rio Preto. São caracterizados, por meio de gráficos e tabelas, os atropelamentos segundo a ocorrência em cruzamentos ou ao longo das vias, veículos envolvidos e gravidade das lesões, dia da semana, período do dia, sexo e idade das vítimas. Para o georreferenciamento dos acidentes, é utilizado um Sistema de Informação Geográfica, o programa *TransCAD*. A verificação da configuração viária urbana das cidades estudadas e a correlação com os atropelamentos são feitas por meio da Teoria da Sintaxe Espacial, determinando suas propriedades sintáticas com o uso do programa *Depthmap*. Essas cidades, embora com bons índices de desenvolvimento social, refletem o baixo desempenho nacional em termos de segurança viária dos pedestres. Os dados mostram que, nos últimos anos, tem havido pelo menos uma estabilização do número de atropelamentos, apesar do grande aumento da frota de veículos. Com relação à configuração da estrutura da rede viária urbana e à localização dos atropelamentos, a análise de acordo com a Sintaxe Espacial indica que a maior parte dos acidentes ocorre em vias mais conectadas, com maior integração global ou local e ocupadas por atividades comerciais ou prestadoras de serviços. Contudo, não necessariamente são registrados acidentes em vias com índices sintáticos expressivos, o que demonstra uma restrição de análise única por meio da Sintaxe. A verificação da correlação com a configuração urbana, por meio da Teoria da Sintaxe Espacial, apresenta indícios de que a integração local seja um bom parâmetro de abordagem, principalmente em uma fase inicial de planejamento da segurança viária, mas ainda dependente de outras variáveis essenciais da Engenharia de Tráfego e do Planejamento Urbano, como características geométricas da via e uso do solo.

Palavras-chave: Pedestres. Atropelamentos. Sintaxe Espacial. Sistema de Informação Geográfica.

## ABSTRACT

---

This work aims to analyze the urban pedestrian crashes and their correlation with the urban form in the cities of São Carlos and São José do Rio Preto. Accidents are characterized, through graphs and tables, according to the occurrence at intersections or along the streets, vehicles involved and severity of injury, day of week, time, gender and age of victims. Accidents georeferencing is done through Geographic Information System, using the software TransCAD. The urban road configuration of the cities and the correlation with the accidents are verified through the Theory of Space Syntax, determining their properties with Depthmap, a spatial analysis software. Although these cities present good levels of social development, they reflect the poor national performance in terms of road safety of pedestrians. The data evince that in recent years the number of pedestrian-crashes has at least stabilized, despite the large increase of the vehicle fleet. Regarding the configuration of the structure of urban road network and the location of accidents, the analysis according to the Space Syntax indicates that most accidents occur on roads which are more connected, with more global or local integration, and occupied by commercial or service activities. However, there are not necessarily accidents in streets or avenues with significant syntactic indexes, which demonstrates a restriction of analysis using solely the Syntax. Verification of correlation with the urban form through the Theory of Space Syntax suggests that local integration is a good parameter approach, especially in the initial planning of road safety, but still dependent on other essential variables of Traffic Engineering and Urban Planning, such as geometric characteristics of the road and land use.

Keywords: Pedestrian. Pedestrian crash. Space Syntax. Geographic Information System.

# SUMÁRIO

---

---

<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 Considerações iniciais .....	16
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Estrutura da dissertação .....	18
<b>2. SEGURANÇA VIÁRIA .....</b>	<b>19</b>
2.1 Segurança de Tráfego .....	19
2.2 Segurança viária de pedestres.....	20
2.2.1 Contextualização do tema.....	20
2.2.2 Segurança viária de pedestres no mundo.....	22
2.2.3 Segurança viária de pedestres no Brasil .....	25
2.3 Desenho urbano e a acidentalidade .....	29
<b>3. A SINTAXE ESPACIAL .....</b>	<b>31</b>
3.1 A Teoria da Sintaxe Espacial .....	31
3.2 A análise sintático-espacial .....	32
3.2.1 Mapa convexo .....	33
3.2.2 Mapa axial .....	34
3.3 As variáveis sintático-espaciais .....	36
3.3.1 Conectividade .....	36
3.3.2 As medidas de integração .....	37
3.4 A Sintaxe Espacial e o Planejamento de Transportes.....	41
3.4.1 A Sintaxe e os movimentos .....	41
3.4.2 Pesquisas brasileiras em Transportes com o uso da Sintaxe Espacial.....	42
3.4.3 Pesquisas internacionais em Transportes com o uso da Sintaxe Espacial.....	45

<b>4. SIG E O PROGRAMA SINTÁTICO-ESPACIAL .....</b>	<b>48</b>
4.1 Sistema de Informação Geográfica.....	48
4.2 <i>Depthmap</i> .....	49
<b>5. MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>51</b>
5.1 Fases da Metodologia .....	51
5.2 Descrição das fases .....	52
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
6.1 São José do Rio Preto .....	56
6.1.1 Caracterização dos atropelamentos .....	56
6.1.2 Considerações sobre a localização .....	62
6.2 São Carlos.....	66
6.2.1 Caracterização dos atropelamentos .....	66
6.2.2 Considerações sobre a localização .....	73
<b>7. ANÁLISE SINTÁTICO-ESPACIAL .....</b>	<b>76</b>
7.1 São José do Rio Preto .....	76
7.2 São Carlos.....	90
<b>8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>113</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

---

<b>Figura 2.1</b> – Mortes de pedestres por país.....	22
<b>Figura 2.2</b> – Porcentagem de pedestres mortos no total de mortes por acidentes de trânsito nos países da América do Sul.....	23
<b>Figura 2.3</b> – Cruzamento de vias com marcação de alerta para os pedestres na cidade de Barcelona.....	24
<b>Figura 2.4</b> – Aviso em cruzamento de Barcelona.....	24
<b>Figura 2.5</b> – Riscos de lesões para diversos meios de transportes .....	25
<b>Figura 2.6</b> – Número de óbitos por acidentes de transporte terrestre segundo o meio de transporte da vítima .....	26
<b>Figura 2.7</b> – Número de mortes de pedestres no Brasil em 2010 por faixa etária.....	27
<b>Figura 3.1</b> – Sistema viário.....	32
<b>Figura 3.2</b> – Representação do sistema viário em grafo.....	33
<b>Figura 3.3</b> – Espaços convexo e não convexo.....	33
<b>Figura 3.4</b> – Mapa convexo .....	34
<b>Figura 3.5</b> – Desenho das linhas axiais em um sistema viário .....	34
<b>Figura 3.6</b> – Exemplo de desenho das linhas axiais em rotatórias .....	35
<b>Figura 3.7</b> – Exemplo do desenho de linhas axiais em cruzamentos .....	35
<b>Figura 3.8</b> – Número de conexões de cada espaço público.....	36
<b>Figura 3.9</b> – Profundidades mínima e máxima.....	37
<b>Figura 3.10</b> – Profundidade de cada espaço em relação à origem E .....	37
<b>Figura 3.11</b> – Mapa axial da integração global .....	40
<b>Figura 3.12</b> – Mapa axial de Integração global de Aracaju, em 2003.....	41
<b>Figura 5.1</b> – Esquema das fases da metodologia utilizada .....	51
<b>Figura 6.1</b> – Base cartográfica da cidade de São José do Rio Preto.....	56
<b>Figura 6.2</b> – Número de atropelamentos em São José do Rio Preto nos últimos anos .....	57
<b>Figura 6.3</b> – Número de atropelamentos em cruzamentos e fora de cruzamentos nos anos de 2007 a 2010 .....	58
<b>Figura 6.4</b> – Número de atropelamentos em relação aos veículos envolvidos no quadriênio 2007-2010.....	58
<b>Figura 6.5</b> – Número de vítimas com lesões graves em relação aos veículos envolvidos para o quadriênio 2007 – 2010 .....	59

<b>Figura 6.6</b> – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos dias para o quadriênio 2007 – 2010 .....	59
<b>Figura 6.7</b> – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos períodos dos dias no quadriênio 2007 – 2010 .....	60
<b>Figura 6.8</b> – Faixas de horário dos atropelamentos no quadriênio 2007 – 2010.....	60
<b>Figura 6.9</b> – Número de vítimas por sexo no quadriênio 2007 - 2010.....	61
<b>Figura 6.10</b> – Número de vítimas por sexo e faixa etária no quadriênio 2007 - 2010 .....	61
<b>Figura 6.11</b> – Número de vítimas com lesões graves ou fatais por faixa etária no quadriênio 2007 - 2010.....	62
<b>Figura 6.12</b> – Localização dos atropelamentos .....	65
<b>Figura 6.13</b> – Acidentes na área central da cidade .....	66
<b>Figura 6.14</b> – Base cartográfica da cidade de São Carlos .....	67
<b>Figura 6.15</b> – Números de atropelamentos em cruzamentos e fora de cruzamentos no período de janeiro de 2008 a junho de 2010.....	68
<b>Figura 6.16</b> – Número de atropelamentos em relação aos veículos envolvidos, de janeiro de 2008 a junho de 2010 .....	68
<b>Figura 6.17</b> – Número de atropelamentos e a gravidade das lesões provocadas no período ..	69
<b>Figura 6.18</b> – Número de vítimas com lesões graves em relação aos veículos envolvidos, de janeiro de 2008 a junho de 2010.....	69
<b>Figura 6.19</b> – Número de vítimas por sexo no período .....	70
<b>Figura 6.20</b> – Número de vítimas por sexo e faixa etária no período .....	70
<b>Figura 6.21</b> – Número de vítimas com lesões graves ou fatais por faixa etária no período de 30 meses entre janeiro de 2010 e junho de 2012.....	71
<b>Figura 6.22</b> – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos dias da semana no período.....	71
<b>Figura 6.23</b> – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos períodos dos dias nos trinta meses analisados.....	72
<b>Figura 6.24</b> – Faixas de horário dos atropelamentos no período.....	72
<b>Figura 6.25</b> – Localização dos atropelamentos .....	74
<b>Figura 6.26</b> – Localização dos atropelamentos na avenida São Carlos.....	75
<b>Figura 7.1</b> – Mapa axial de São José do Rio Preto, em 2012.....	76
<b>Figura 7.2</b> – Mapa axial de conectividade de São José do Rio Preto, em 2012.....	77
<b>Figura 7.3</b> – Mapa axial de integração global, em 2012 .....	78

<b>Figura 7.4</b> – Localização dos atropelamentos sobre o mapa axial .....	80
<b>Figura 7.5</b> – Integração global na área central, em 2012.....	82
<b>Figura 7.6</b> – Integração global nos bairros Boa Vista/Parque Industrial, em 2012.....	83
<b>Figura 7.7</b> – Integração global na Zona Oeste, em 2012.....	83
<b>Figura 7.8</b> – Integração global no bairro Eldorado, em 2012.....	85
<b>Figura 7.9</b> – Integração local nos bairros Solo Sagrado e Maria Lúcia, em 2012 .....	86
<b>Figura 7.10</b> – Integração local para a Zona Norte, em 2012 .....	87
<b>Figura 7.11</b> – Integração local para as zonas leste-nordeste, em 2012.....	88
<b>Figura 7.12</b> – Integração local na Zona Sul, em 2012.....	89
<b>Figura 7.13</b> – Mapa axial de São Carlos, em 2012.....	90
<b>Figura 7.14</b> – Mapas da conectividade e integração global, em 2012.....	91
<b>Figura 7.15</b> – Localização espacial dos atropelamentos sobre o mapa axial .....	92
<b>Figura 7.16</b> – Avenida São Carlos, em 2012.....	93
<b>Figura 7.17</b> – Integração local para o bairro Santa Felícia, em 2012.....	94
<b>Figura 7.18</b> – Integração global no trecho leste-oeste, em 2012 .....	95
<b>Figura 7.19</b> – Integração local para a área sul, em 2012 .....	96
<b>Figura 7.20</b> – Integração global na área próxima ao centro, em 2012 .....	97

## LISTA DE TABELAS

---

---

<b>Tabela 1</b> – Risco de morte (em porcentagem) de pedestres e outros usuários de trânsito vulneráveis em função da velocidade .....	21
<b>Tabela 2</b> – Conectividade e integração global .....	40
<b>Tabela 3</b> – Número de atropelamentos nas principais vias.....	62
<b>Tabela 4</b> – Número de atropelamentos nas principais vias.....	73
<b>Tabela 5</b> – Ruas centrais com respectivos valores sintáticos e número de atropelamentos ....	79
<b>Tabela 6</b> – Segmentos da avenida Bady Bassitt e Alberto Andaló.....	81
<b>Tabela 7</b> – Vias da Zona Norte com mais atropelamentos .....	86
<b>Tabela 8</b> – Vias mais globalmente integradas .....	93

## LISTA DE SIGLAS

---

ABRAMET	Associação Brasileira de Medicina de Tráfego
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
<i>DALY</i>	<i>Disablility-Adjust Live Year</i>
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
<i>GRSP</i>	<i>Global Road Safety Partnership</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS	Ministério da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
<i>OPS</i>	<i>Organización Panamericana de la Salud</i>
PGV	Polo Gerador de Viagens
RENAEST	Registro Nacional de Acidentes e Estatística de Trânsito
SEADE	Sistema Estadual de Análise de Dados
SIM	Sistema de Informações sobre Mortalidade
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG-T	Sistema de Informação Geográfica para Transportes
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
<i>WHO</i>	<i>World Health Organization</i>

# 1. INTRODUÇÃO

---

## 1.1 Considerações iniciais

Há um crescente debate a respeito da mobilidade urbana nas cidades e metrópoles brasileiras. O aumento da frota nacional de veículos, impulsionado pelo crescimento industrial e a grande atividade econômica dos centros comerciais, eleva a demanda pelos diversos modos de transporte. Assim, como consequência da maior quantidade de transporte, mantidos inalterados outros fatores de risco, maior a probabilidade de ocorrência acidentes (FERRAZ; RAIÁ Jr.; BEZERRA, 2008).

Segundo World Health Organization (WHO, 2012), cerca de um milhão e trezentos mil pessoas morrem a cada ano vítimas de acidentes de trânsito, e entre 20 e 50 milhões de pessoas são feridas em acidentes não fatais, sendo que muitas delas sofrem deficiências permanentes como resultado dos ferimentos. Os acidentes lideram as causas de lesões em jovens na faixa etária entre 15 e 29 anos. 46 % das vítimas dos acidentes fatais são os usuários mais vulneráveis, ou seja, pedestres, ciclistas e motociclistas.

Estimativas internacionais mostram que, sem nenhuma ação, os acidentes de trânsito resultarão, no ano de 2020, em cerca de um milhão e novecentos mil vítimas fatais em todo o mundo. Com isso, a Assembleia Geral das Nações Unidas proclamou de 2011 a 2020 como a *Década de ações para segurança viária*, objetivando salvar milhões de vida e melhorar a segurança viária e automobilística, o comportamento dos usuários e o desenvolvimento dos serviços de emergência.

O Brasil está entre os cinco países com mais óbitos em acidentes de trânsito, juntamente com Índia, China, Estados Unidos e Rússia, de acordo com World Health Organization (WHO, 2009). No ano de 2010, segundo dados do Ministério da Saúde (MS, 2013), 42.844 brasileiros foram mortos vítimas do trânsito brasileiro.

O Código de Trânsito Brasileiro, de 1998, contribuiu para a redução imediata dos índices de mortes, e a Lei 12.760, de 2012, regulamentada pela resolução 432, do Conselho Nacional de Trânsito, estabelece alcoolemia zero e impõe penalidades administrativas mais severas para o condutor que dirigir sob a influência do álcool, inclusive possibilitando novas provas para a comprovação da embriaguez. Exame de sangue que apresente resultado igual ou superior a seis decigramas de álcool por litro de sangue, ou teste de etilômetro com medição

realizada igual ou superior a 0,34 miligrama de álcool por litro de ar alveolar expirado, caracteriza crime. Pode ainda a embriaguez ser constatada por exames realizados por laboratórios especializados ou por sinais de alteração da capacidade psicomotora.

Das mais de 42.000 vítimas fatais no trânsito brasileiro em 2010, 9.944 eram pedestres. Usuários mais vulneráveis, devido ao fato de se locomoverem em baixa velocidade e sem nenhum tipo de proteção, os pedestres representam quase 25% do total das vítimas fatais envolvidas em acidentes de trânsito, o que mostra a gravidade da situação e a severidade das lesões.

Em termos populacionais, a faixa etária entre 40 e 59 anos representa a de maior número de vítimas (aproximadamente 30%). Pessoas acima de 60 anos possuem, também, alto índice (29%), segundo maior número de vítimas dos atropelamentos, situação ainda mais grave quando se considera que este grupo corresponde a apenas 11% da população total. Com o desenvolvimento social recente do país, aliado ao acesso aos programas de saúde, a expectativa de vida tende a crescer, incrementando a porcentagem desta faixa etária com a possibilidade de piora desse quadro.

Na análise deste tipo de acidente, ou seja, o atropelamento, nota-se, por vezes, concentrações em determinadas áreas, ou vias, levando-se a acreditar na influência da configuração da rede viária urbana, além do uso e ocupação do solo, na determinação dos locais críticos. Um trabalho que levasse em conta tais características seria indicado para sua compreensão, e uma teoria, ou método, que auxiliasse nesta verificação se fazia necessário. Esta abordagem é possível com a Teoria da Sintaxe Espacial, que busca entender o funcionamento da relação entre a configuração do espaço das cidades e as relações sociais que a envolve, em especial os fluxos e movimentos.

Dessa forma, um estudo mais detalhado do problema, caracterizando-o em diferentes tamanhos de cidades e abrangendo as diversas variáveis que o determinam, inclusive considerando-se uma análise espacial da sua ocorrência, contribui para melhor conhecer esse fenômeno, visando criar subsídios para melhorias da atual situação e para um planejamento mais adequado de futuras ações.

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é o de analisar a acidentalidade viária envolvendo pedestres e sua possível correlação com a configuração da rede viária urbana, tendo como objetos de estudo as cidades paulistas de porte médio São Carlos e São José do Rio Preto.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Caracterizar a ocorrência dos atropelamentos nas cidades de São José do Rio Preto e São Carlos;
- Utilizar os conceitos da Teoria da Sintaxe Espacial na análise das vias com acidentalidade envolvendo pedestres, procurando-se verificar possível correlação entre os atropelamentos e a configuração espacial nas cidades estudadas.

## 1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho está dividido em oito capítulos. O primeiro capítulo, da introdução, faz uma apresentação do tema e dos objetivos do trabalho, descrevendo ainda sua estrutura.

O capítulo dois contém a revisão bibliográfica sobre segurança viária, avaliando a situação atual em termos nacionais e mundiais.

No capítulo três são abordados o conceito da Teoria da Sintaxe Espacial, suas variáveis e formas de análises, e como tem sido usada na área de Transportes.

Uma descrição das ferramentas necessárias para o desenvolvimento deste estudo, o *TransCAD*, um Sistema de Informação Geográfica para Transportes, e o *Depthmap*, programa sintático-espacial, está no capítulo quatro. O método utilizado, com a descrição de suas etapas, no capítulo cinco.

No capítulo seis, das cidades estudadas, é feita a caracterização dos acidentes, com o seu georreferenciamento para os anos do período analisado.

A abordagem sintático-espacial, com a apresentação dos mapas sintáticos e a correlação com os atropelamentos são vistos no capítulo sete, no qual são discutidos os resultados encontrados.

O capítulo oito completa o trabalho, com a avaliação conclusiva e as considerações relevantes. Adicionalmente, são apresentados as Referências Bibliográficas e o Apêndice.

## 2. SEGURANÇA VIÁRIA

---

### 2.1 Segurança de Tráfego

Segundo Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), o risco da ocorrência de acidentes depende da exposição ao trânsito, da legislação e fiscalização e de fatores associados ao ser humano, veículo, via e meio ambiente.

Para Cucci Neto (1996), estudos de segurança viária devem abranger as variáveis homem, via e o veículo, e envolver o ambiente, pois causas naturais não podem ser consideradas variáveis, mas extensão do elemento via por não possibilitarem o domínio por parte do homem.

De acordo com Vasconcellos (2000), os acidentes de trânsito constituem o problema ambiental mais importante nos países em desenvolvimento. Requerem um tratamento multidisciplinar e a participação de todos os envolvidos, sendo cada vez maior o número de pessoas que recusa o enfoque fatalista dado ao assunto e aceita as causas humanas e ambientais como mais apropriadas.

Dados presentes em *Global Status Report on Road Safety* (WHO, 2009) apontam que mais de 90% das cerca de um milhão e trezentos mil pessoas que morrem a cada ano, vítimas de acidentes de trânsito, são de países com baixo e médio desenvolvimento, embora essas regiões tenham menos da metade dos veículos no mundo. Esses países possuem maiores taxas de mortes em acidentes (21,5 e 19,5 por 100.000 habitantes, respectivamente) do que os países desenvolvidos (10,3 por 100.000).

O mesmo relatório mostra também que, em 2004, os acidentes de trânsito foram a nona causa de óbitos no mundo, 2,2% do total, e prevê que o número de mortes causadas pelos acidentes crescerá, anualmente, até 2030, quando se tornarão a quinta maior causa, representando 3,6%.

Para Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), uma avaliação mais adequada pode ser feita com base no indicador de saúde DALY (Disability-Adjust Live Year), uma medida que revela o impacto negativo das doenças combinando os anos perdidos devido à morte prematura e o número ponderado de anos vividos com a incapacidade, prevendo que os acidentes de trânsito ocuparão a terceira posição em 2020, perdendo apenas para a cardiopatia e depressão, e a segunda posição nos países com médio e baixo desenvolvimento, superando a depressão.

Além dos efeitos humanos e sociais, os acidentes também causam também graves efeitos econômicos. Os custos estimados dos acidentes de trânsito no mundo, no ano de 2000, eram da ordem de 518 bilhões de dólares, sendo em alguns países de 1 a 3% de seu Produto Interno Bruto (WHO, 2012). Segundo estas estimativas, os custos nos países com baixo desenvolvimento correspondem a 1% do PIB, 1,5% nos países com desenvolvimento médio e 2% nos países desenvolvidos (FERRAZ; RAIÁ Jr.; BEZERRA, 2008).

Em termos mundiais, de modo geral, Nova Zelândia, Austrália e a Europa possuem melhores níveis de segurança viária, enquanto as Américas do Norte, Central e do Sul, bem como países do leste europeu, apresentam os mais altos índices de acidentalidade (ELVIK et al., 2009).

## **2.2 Segurança viária de pedestres**

### **2.2.1 Contextualização do tema**

O modo de transporte a pé é um dos mais importantes do transporte urbano, o mais utilizado para percorrer pequenas distâncias, incluindo a complementação dos outros modos de transporte e representando, em muitos países não desenvolvidos, mais de 40% do total de viagens (FERRAZ; TORRES, 2004).

Em cada uma das viagens diárias das pessoas, em pelo menos um instante é utilizada a caminhada. Dessa forma, todos são pedestres em algum momento de seus deslocamentos. E os pedestres são a parte mais vulnerável de todo o sistema viário.

Segundo *World Health Organization* (WHO, 2008), os usuários do trânsito mais vulneráveis, como os pedestres, ciclistas e motociclistas, possuem um alto risco de sofrerem lesões graves ou fatais quando atingidos por veículos automotores, devido ao fato de trafegarem nas vias totalmente desprotegidos ou com pequena proteção.

Essa vulnerabilidade é ainda maior quando analisados os fatores que envolvem a exposição cotidiana ao tráfego das pessoas. A probabilidade de que o pedestre venha a óbito quando atingido por um veículo motorizado, por exemplo, aumenta drasticamente com a velocidade, tendo 90% de chance de sobreviver a um atropelamento por um veículo com uma velocidade de 30 km/h, e menos de 50% de chance de sobrevivência quando atingido por um veículo trafegando com 45 km/h ou mais (WHO, 2008).

A probabilidade de óbito de um pedestre e outros usuários de trânsito vulneráveis (em porcentagem) em função da velocidade do veículo que o atingiu é mostrada na Tabela 1.

**Tabela 1 – Risco de morte (em porcentagem) de pedestres e outros usuários de trânsito vulneráveis em função da velocidade**

Velocidade de impacto (km/h)	Atropelamento de pedestre, ciclista e motociclistas
20	0
30	8
40	30
60	93
80	100

Fonte: Ferraz, Raia Jr. e Bezerra, 2008 – adaptado

De acordo com Elvik et al. (2009), a alta taxa de lesões em pedestres, ciclistas e motociclistas está ligada a sua grande participação nos acidentes de trânsito e à sua vulnerabilidade. Para os autores, pedestres e ciclistas tendem a fazer a maioria das viagens na zona urbana, onde o risco de acidentes é mais acentuado e, apesar da proporção de acidentes com pedestres não ser muito diferente comparativamente a automóveis, o tipo e a gravidade das lesões são muito maiores.

É certo que os acidentes com pedestres envolvem muitos fatores e variam de acordo com a região e com o nível de desenvolvimento econômico-social. E esses fatores que contribuem para os atropelamentos de pedestres devem ser cada vez mais estudados e aprofundados, a fim de dar subsídios para políticas públicas que visem mitigar o problema (FERREIRA; RAIA Jr., 2008; VELLOSO; JACQUES; LINDAU, 2005).

Santos (2004) afirma que, por apresentarem lesões mais graves e mais óbitos quando comparados com os outros usuários, os pedestres deveriam, portanto, estar entre o grupo de vítimas a serem priorizadas nas ações preventivas do tráfego.

Evans (2004) afirma não ser aceitável considerar, por exemplo, uma criança de cinco anos ou idosos ou mesmo pedestres com baixa visão, responsáveis únicos por um atropelamento, sem considerar a responsabilidade dos motoristas. Para ele, motoristas estão no controle de veículos com grande massa, em altas velocidades, protegidos pela estrutura dos automóveis, enquanto pedestres caminham sem qualquer proteção. Sendo assim, essa grande diferença nos riscos deveria também ser balanceada por correspondente diferença de responsabilidades legais.

## 2.2.2 Segurança viária de pedestres no mundo

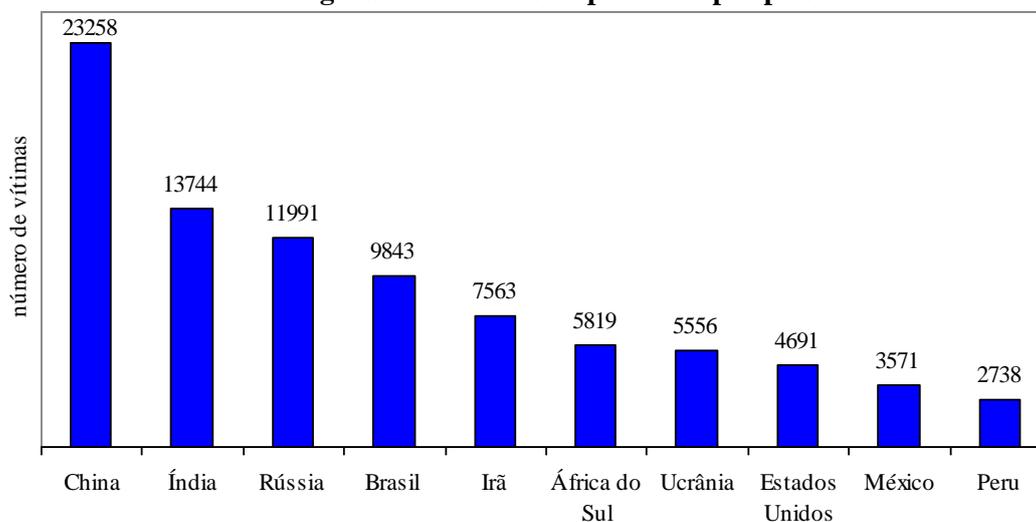
Nos países mais pobres é comum as pessoas caminharem grandes distâncias por não terem como pagar por outros meios de transporte (FERRAZ; TORRES, 2004). Em torno de 400.000 pedestres em todo o mundo morrem a cada ano, sendo mais da metade das mortes em países de baixa renda (NACI et al., 2009, apud ZEGGER; BUSHELL, 2012).

Para Shinar (2012), são significativas as melhorias na segurança dos ocupantes de automóveis nas últimas décadas, mas não tem havido um incremento proporcional na segurança dos usuários mais vulneráveis, especialmente em países com baixo e médio desenvolvimento.

Proporcionalmente, além do Peru, onde 78% do total de óbitos em acidentes de trânsito envolveram pedestres, aparecem em seguida, segundo *Global Status Report on Road Safety* (WHO, 2009), Moçambique (68%), El Salvador (63%) e Congo (59%). Para Zegger e Bushell (2012), isto é um indicativo de que os países de baixa renda são incapazes de promover adequações e melhores condições para os pedestres.

Ainda, de acordo com o mesmo relatório, dos cinco países que lideram em número de acidentes de trânsito no mundo em números absolutos, quatro – China, Índia, Rússia e Brasil - também estão entre os cinco primeiros em número de acidentes envolvendo pedestres, sendo nove das dez primeiras posições ocupadas por países em desenvolvimento. A Figura 2.1 mostra os números absolutos de vítimas fatais nos dez países com a maior acidentalidade envolvendo pedestres em termos mundiais.

**Figura 2.1 – Mortes de pedestres por país**

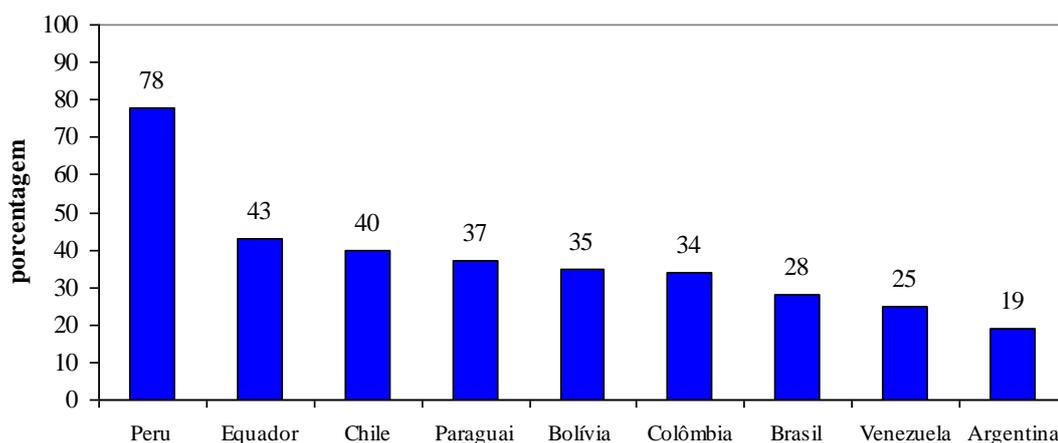


Fonte: WHO, 2009

A porcentagem de óbitos de pedestres no total de mortes por acidentes de trânsito também é muito elevada nos países americanos e, particularmente, nos de língua espanhola e portuguesa. Na Cidade do México, durante os anos de 1994 e 1995, 54% das mortes em acidentes de trânsito envolveram os pedestres e outras 9.500 pessoas sofreram lesões que necessitaram cuidados médicos (HÍJAR et al., 2001).

Na América do Sul, o Peru possui a maior porcentagem de mortes de pedestres em relação ao total da mortalidade em acidentes de trânsito (78 %), alcançando inclusive a maior taxa em nível mundial, o que pode ser visualizado na Figura 2.2. A ilustração não inclui o Uruguai, por não ter fornecido os dados para a pesquisa.

**Figura 2.2 – Porcentagem de pedestres mortos no total de mortes por acidentes de trânsito nos países da América do Sul**



Fonte: WHO, 2009

Nos Estados Unidos, a morte de pedestres se constitui no segundo maior grupo de acidentes de trânsito (BALLESTEROS, DISCHINGER e LANGENBERG, 2004), incluindo quase metade das mortes em acidentes de crianças na faixa etária entre três e nove anos e mais de um quarto para pessoas com mais de 75 anos (BAKER et al., 1992, apud BALLESTEROS DISCHINGER; LANGENBERG, 2004).

Embora os pedestres estejam envolvidos em uma proporção pequena dos acidentes de trânsito, de 2 a 3%, representam um alto índice das vítimas fatais desses acidentes, de 11 a 13% (CLIFTON et al., 2009), observando-se, também, uma alta variabilidade, pois em cidades americanas com mais de um milhão de habitantes são alcançadas taxas médias de 35%, segundo a OPS (2002 apud DÍAZ, 2009).

Na União Europeia, a cada 50.000 vítimas fatais de acidentes de trânsito, 8.500 são pedestres (ANGERMAN et al., 2007, apud ARREGUI-DALMASES et al., 2010). De acordo com Arregui-Dalmases et al. (2010), mortes durante o período de hospitalização de acidentados no trânsito representam 27% na Espanha e 48% na Holanda a mais das mortes registradas nos relatórios policiais, elaborados nos locais dos acidentes.

Em Barcelona, de acordo com dados sobre segurança viária divulgados em janeiro de 2011, pela Prefeitura da cidade, 51% dos deslocamentos diários são feitos por caminhadas, e os atropelamentos foram reduzidos em mais de 10%, passando de 1.308, em 2009, para 1.165, em 2010. Melhorias têm sido feitas para privilegiar a mobilidade e segurança dos pedestres, inclusive com avisos em cruzamentos alertando para o fato de que a cada três mortes em acidentes de trânsito na cidade, uma foi de pedestre, de acordo com os dados da Prefeitura de Barcelona. As Figuras 2.3 e 2.4 mostram as sinalizações em cruzamentos na cidade, visando à melhoria da segurança dos pedestres.

**Figura 2.3 – Cruzamento de vias com marcação de alerta para os pedestres na cidade de Barcelona**



Fotografia: Cássio Leandro do Carmo (2011)

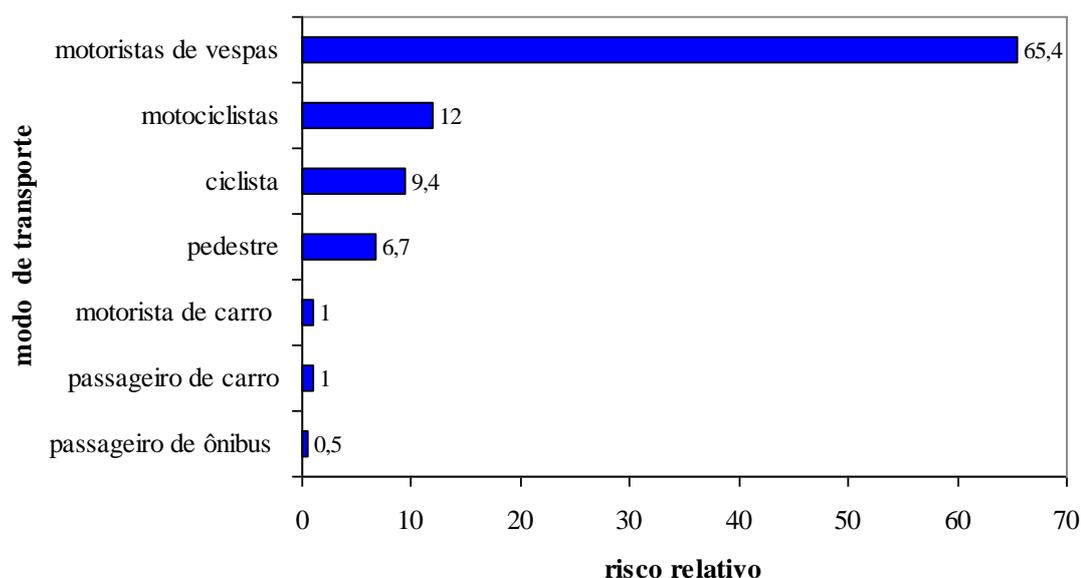
**Figura 2.4 – Aviso em cruzamento de Barcelona**



Fotografia: Cássio Leandro do Carmo (2011)

Em análise feita por Elvik et al. (2009) em cinco nações da Europa - Suécia, Dinamarca, Grã-Bretanha, Países Baixos e Noruega – é mostrada que a exposição a acidentes para os pedestres é 6,7 vezes maior que para motoristas e passageiros de automóveis, o que pode ser visto na Figura 2.5.

**Figura 2.5 – Riscos de lesões para diversos modos de transportes**



Fonte: Elvik et al., 2009

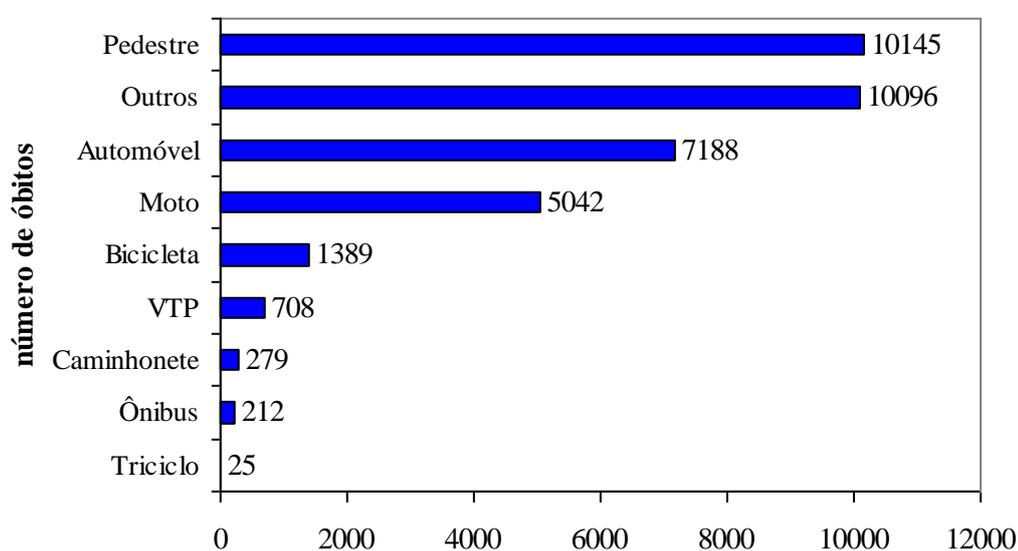
Lesões provocadas por acidentes de trânsito em crianças de zero a 14 anos são a maior causa de mortes por acidentes de trânsito na Nova Zelândia. Nacionalmente, lesões em pedestres crianças são uma das dez mais comuns causas de hospitalização (SAFEKIDS, 2005). Na Austrália, estudo realizado por Poulos et al. (2007), na cidade de New South Wales, encontrou uma relação entre as piores condições socioeconômicas e maiores riscos de lesões mais graves em acidentes de trânsito envolvendo crianças até 15 anos, inclusive como pedestres.

### 2.2.3 Segurança viária de pedestres no Brasil

Em nível nacional, o relatório *Mortalidade por acidentes de transporte terrestre no Brasil*, do Ministério da Saúde (MS/SIM/SVS, 2007), mostra que, em 2004, o número de óbitos por acidente de transporte terrestre para o meio a pé foi, individualmente, aquele que

mais matou, com 10.145 mortos, representando 28,9% do total. Traz ainda o relatório que, “para os indivíduos entre zero e 14 anos e idosos maiores de 60 anos, o atropelamento é a primeira causa e responde por cerca de 50% dos óbitos. A segunda causa mais frequente é o acidente com veículo não especificado, e a terceira é o acidente com automóvel (...). Na faixa de 40 a 59 anos, o atropelamento também é a primeira causa, mas sua contribuição é menor (32%)”. A Figura 2.6 mostra o número de óbitos segundo os diversos meios de transporte no ano de 2004.

**Figura 2.6 – Número de óbitos por acidentes de transporte terrestre segundo o meio de transporte da vítima**



Fonte: MS/SIM/SVS (2007)

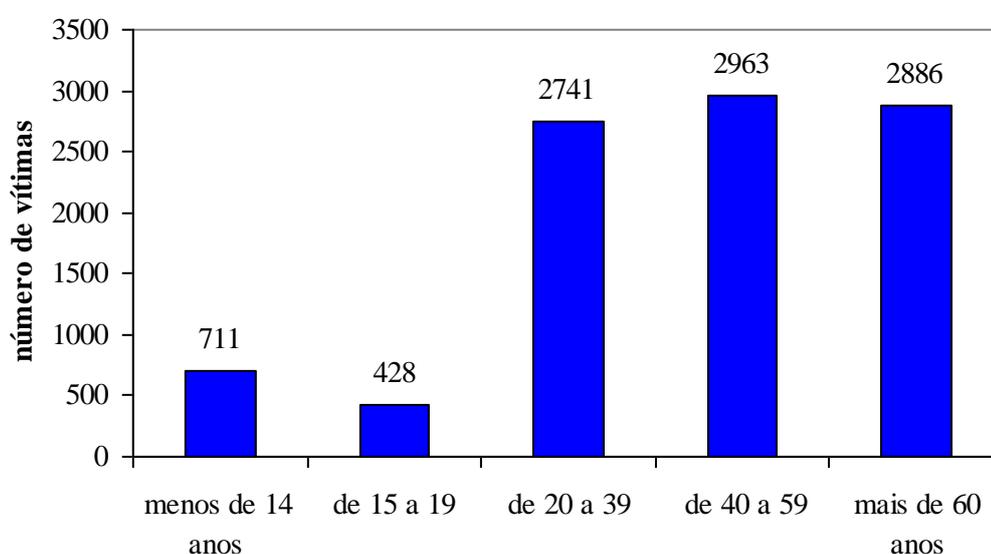
De acordo com a definição de Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), seguindo a NBR 10.697, de 1980, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), atropelamento é a colisão de um ou mais veículos em movimento com um ou mais pedestres, ocorrendo na pista ou fora dela.

O relatório de pesquisa elaborado por Jorge e Koizumi (2010), por solicitação da organização não governamental Criança Segura, mostra que no biênio 2006-2007 morreram 4.310 crianças até 14 anos em acidentes de trânsito, representando quase 40% do total de óbitos por causas externas acidentais para esta faixa etária, sendo 1.930 vítimas de atropelamentos.

Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008), baseados em dados da ABRAMET de mortes no trânsito por 100.000 habitantes, para o ano de 2005, constataram o crescimento da taxa de óbitos de pedestres com o aumento da idade. Segundo os autores, parece haver certa relação com a menor taxa de mobilidade das crianças e adolescentes e a diminuição da capacidade física e mental das pessoas ao longo dos anos.

No ano de 2010, segundo dados do Ministério da Saúde (MS/SIM/SVS, 2012), a faixa etária abrangendo pessoas com mais de 60 anos é a segunda maior em números absolutos, com 2.886 vítimas, ou 29,0 % do total de ocorrências, apesar de significarem menos de 11% da população total brasileira (IBGE, 2010). Os acidentes de transportes vitimaram fatalmente, ainda para o ano de 2010, 1.947 crianças até 14 anos, sendo que 711 foram do tipo atropelamento. Recentes dados da distribuição de acidentes envolvendo pedestres no Brasil, por faixa etária, podem ser visualizados na Figura 2.7.

**Figura 2.7 – Número de mortes de pedestres no Brasil em 2010 por faixa etária**



Fonte: MS/SIM/SVS (2012)

Na cidade de São Paulo, de acordo com dados da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 2011), no ano de 2010 ocorreram 7.007 atropelamentos, sendo 630 pedestres vítimas fatais, aproximadamente metade dos óbitos em acidentes de trânsito na cidade.

O Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), que entrou em vigor em 1998, já estabelece proteção aos pedestres, usuários mais fragilizados no trânsito. Alguns artigos explicitam tal regramento:

Art. 29. O trânsito de veículos nas vias terrestres abertas à circulação obedecerá às seguintes normas:

XII, § 2º Respeitadas as normas de circulação e conduta estabelecidas neste artigo, em ordem decrescente, os veículos de maior porte serão sempre responsáveis pela segurança dos menores, os motorizados pelos não motorizados e, juntos, pela incolumidade dos pedestres.

Art. 44. Ao aproximar-se de qualquer tipo de cruzamento, o condutor do veículo deve demonstrar prudência especial, transitando em velocidade moderada, de forma que possa deter seu veículo com segurança para dar passagem a pedestre e a veículos que tenham o direito de preferência.

Art. 70. Os pedestres que estiverem atravessando a via sobre as faixas delimitadas para esse fim terão prioridade de passagem, exceto nos locais com sinalização semafórica, onde deverão ser respeitadas as disposições deste Código.

Parágrafo único. Nos locais em que houver sinalização semafórica de controle de passagem será dada preferência aos pedestres que não tenham concluído a travessia, mesmo em caso de mudança do semáforo liberando a passagem dos veículos.

Prevê ainda punição para infratores:

Art. 214. Deixar de dar preferência de passagem a pedestre e a veículo não motorizado:

I - que se encontre na faixa a ele destinada;

II - que não haja concluído a travessia mesmo que ocorra sinal verde para o veículo;

III - portadores de deficiência física, crianças, idosos e gestantes:

Infração - gravíssima;

Penalidade - multa.

IV - quando houver iniciado a travessia mesmo que não haja sinalização a ele destinada;

V - que esteja atravessando a via transversal para onde se dirige o veículo:

Infração - grave;

Penalidade - multa.

Assim, visando intensificar a educação no trânsito, buscando um maior respeito à faixa de travessia e a redução do número de atropelamentos, uma campanha de educação de trânsito e a intensificação da fiscalização do cumprimento lei foram iniciadas pela Prefeitura de São Paulo no ano de 2011, com o “Programa de Proteção ao Pedestre”.

## 2.3 Desenho urbano e a acidentalidade

De acordo com Vasconcellos (2000), os acidentes ocorrem em ambientes construídos, sendo a cidade o exemplo mais claro, e tanto a forma de construção do espaço físico quanto a distribuição da maneira de circulação interferem na natureza dos conflitos de tráfego e na probabilidade de ocorrência dos acidentes.

Segundo Clifton, Burnier e Akar (2009), com respeito à segurança dos pedestres, planejadores e engenheiros se concentram em modificações físicas do ambiente para a redução dos riscos e melhoria na acessibilidade do ambiente, incluindo características que possam diminuir o comportamento arriscado dos pedestres, mas aspectos como a altura de edifícios, que pode criar pontos sem visibilidade, e as vias arteriais, em que os automóveis atingem grandes velocidades, representam situações hostis aos pedestres.

Clifton, Burnier e Akar (2009) afirmam, também, que o ambiente construído exerce influência significativa nos atropelamentos, e em áreas com alta densidade populacional e comercial deve-se esperar um grande número de acidentes, embora as lesões possam ser menos severas devido aos congestionamentos e às baixas velocidades dos veículos, proporcionados pelas características urbanas do ambiente.

Estudo realizado por Ghidini (2010), em Madri, mostrou que aspectos morfológicos das vias, como a extensão e a largura da faixa de rolamentos, contribuem para a concentração dos atropelamentos, reforçando o conhecimento da literatura com os dados apresentados.

Para Ferraz et al. (2012), o ambiente viário e seu entorno exercem grande influência no comportamento de condutores e pedestres, na medida em que induzem atitudes mais seguras ou de maior risco. Segundo os autores, limites de velocidade e geometria devem estar de acordo com as características do ambiente ao redor, ou seja, o tráfego deve estar condicionado às características de uso e ocupação existentes, evitando o aparecimento de conflitos entre os usuários do trânsito.

Alves (2011) e Alves e Raia Jr. (2012) afirmam que os impactos do transporte no uso do solo atingem o trânsito de forma significativa, aumentando o número de veículos em circulação, reduzindo a segurança da mobilidade, principalmente de pedestres e ciclistas, e contribuindo para o aumento dos conflitos e da acidentalidade viária. Um dos resultados encontrados nestes trabalhos indica forte correlação entre os acidentes de trânsito e o uso do solo por templos e atividades comerciais e de serviços, reforçando a literatura.

O ambiente é, então, uma das áreas que contribuem para a ocorrência e a severidade dos acidentes. A análise dos efeitos da configuração urbana na acidentalidade envolvendo pedestres mostra-se essencial, mas ainda de difícil qualificação e quantificação das variáveis envolvidas. É necessária uma abordagem que facilite o entendimento dos aspectos configuracionais, com a inclusão de elementos matemáticos e computacionais para uma melhor compreensão, o que pode ser encontrado na Teoria da Sintaxe Espacial ou Lógica Social do Espaço.

Para Barros (2006), por se fundamentarem na estrutura urbana disponível e nas relações entre as diversas partes da cidade como pontos de geração de tráfego, existe aparente diálogo entre a Teoria da Sintaxe Espacial e modelos de Transportes. Pela análise das propriedades sintáticas, e com a possibilidade de estudo dos padrões de movimentos, várias aplicações na Área de Transportes têm sido pesquisadas.

Dessa forma, este trabalho aborda os conceitos e o método da Teoria da Sintaxe Espacial, envolvendo algumas de suas variáveis e seus índices, apresentados a seguir, buscando, com isso, verificar suas possibilidades na análise dos efeitos do ambiente, em especial da rede viária urbana, na contribuição para os atropelamentos nas cidades estudadas.

### 3. A SINTAXE ESPACIAL

---

#### 3.1 A Teoria da Sintaxe Espacial

A Teoria da Sintaxe Espacial, também conhecida por Teoria da Lógica Social do Espaço, foi desenvolvida por Bill Hillier e colaboradores no começo dos anos mil novecentos e setenta, na University College London, e divulgada nos anos mil novecentos e oitenta com a publicação do livro *The Social Logic of Space*, escrito por Bill Hillier e Julienne Hanson, em 1984 (HILLIER; HANSON, 1984).

O livro aborda o conceito da configuração espacial, que segundo Hillier (2007) é a relação do espaço levando-se em conta outras relações. Para Nogueira (2004), a Sintaxe Espacial acredita que a configuração espacial possa expressar componentes sociais, e o espaço é um agente construtivo ativo na produção e reprodução da sociedade, por meio dos movimentos e encontros.

Para Pereira et al. (2011), a estrutura espacial das cidades é entendida como “configuração urbana”, envolvendo o conjunto de barreiras e permeabilidades constituintes da estrutura física do espaço, onde a disposição desses elementos proporcionam mais ou menos facilidades para a circulação de pessoas e desempenho de suas atividades, representando ou obstáculos de movimento ou “sistemas abertos”, locais dos possíveis deslocamentos.

Segundo Hillier (2007), estudos baseados na Sintaxe Espacial mostram que a distribuição de movimento de pedestres na rede urbana é consideravelmente determinada pela configuração espacial, e influenciada também pela densidade de área urbana construída, embora a densidade, em geral, não contribua para o movimento em cada linha individualmente.

A Teoria faz uso de técnicas e modelos computacionais para o entendimento das questões configuracionais associando valores quantitativos e expressões matemáticas para a análise do espaço. De acordo com Nogueira (1998), a Teoria da Sintaxe Espacial é uma explicação para formas e funções de um espaço urbano com o uso de expressões numéricas, buscando na lógica e na matemática soluções para seus questionamentos.

Segundo Holanda (2003 apud Santos, 2009), a Sintaxe reflete a ideia de relacionamento de aspectos espaciais e sociais quantificados por meio de atributos de

configuração representados matematicamente e por gráficos e tabelas, possibilitando o acesso a informações reveladoras da lógica social da cidade.

Para Medeiros (2006), é proposta pela Teoria uma relação fundamental entre a configuração espacial e o modo de funcionamento da cidade, analisando configurações sintáticas do espaço que outras abordagens não são capazes de fazer, fornecendo instrumentos para o entendimento e representação do espaço urbano. A Sintaxe Espacial significa um poderoso método para estudos de espaços urbanos ao possibilitar que fatores da configuração sejam quantificados matematicamente e correlacionados com outros estudos.

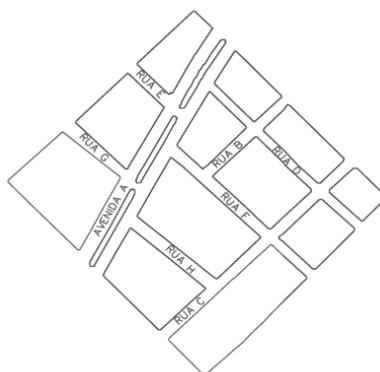
Cavalcante (2009) afirma que a Sintaxe Espacial agrega técnicas aos processos de análise de planejamento urbano, permitindo novas formas de intervenção e atualizando métodos antigos de abordagem, como os Sistemas de Informações Geográficas.

Nesta dissertação, a utilização dos conceitos e da quantificação dos índices sintático-espaciais, em conjunto com as ferramentas do Sistema de Informação Geográfica, é feita como uma nova abordagem na Engenharia Urbana, especialmente na Engenharia de Segurança Viária, subárea da Engenharia de Transportes.

### 3.2 A análise sintático-espacial

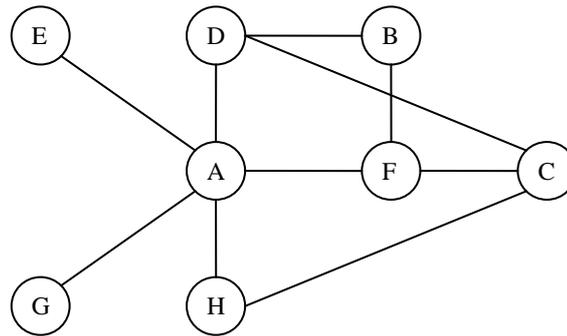
Para a análise sintático-espacial, é feito o uso das propriedades e índices, descritos por Hillier e Hanson (1984), no livro *The Social Logic of Space*. As análises das propriedades baseiam-se em uma representação espacial por meio de grafos, figuras com nós e linhas, nos quais os vértices ou nós representam os espaços públicos abertos e as linhas as suas conexões. As Figuras 3.1 e 3.2 mostram um sistema viário e sua representação em grafo.

**Figura 3.1 – Sistema viário**



Fonte: o autor

**Figura 3.2 – Representação do sistema viário em grafo**



Fonte: o autor

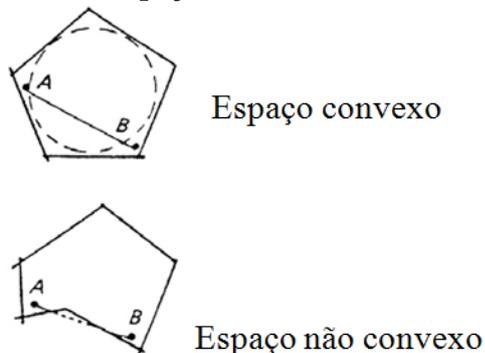
De acordo com Holanda (2002 apud Pereira et al., 2011), o sistema de espaços abertos poderia ainda ser decomposto em espaços convexos e espaços axiais, que se associam ao modo de apreensão espacial dos indivíduos, fator entendido como essencial aos deslocamentos. Dessa forma, a Sintaxe Espacial tem como estruturas básicas para sua análise os mapas convexo e axial, elementos configuracionais nas análises sintáticas.

### 3.2.1 Mapa convexo

O mapa convexo é um mapa de espaços abertos públicos, os mais cheios possíveis. É uma representação do que se percebe como “lugar”, é o espaço mais largo possível dentro do espaço público, que pode ser subdividido em quantas áreas forem possíveis, relacionadas com o movimento local, com os habitantes (NOGUEIRA, 2004).

De acordo com Hillier e Hanson (1984), no traçado do mapa convexo segue-se a definição matemática de convexidade, no qual todos os segmentos de retas desenhados de qualquer ponto até um o outro ponto nunca saem do limite do espaço, conforme mostrado na Figura 3.3. Do mapa convexo deriva a medida espacial da convexidade.

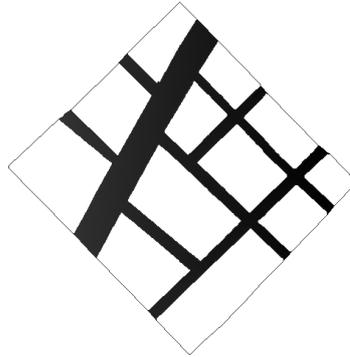
**Figura 3.3 – Espaços convexo e não convexo**



Fonte: Hillier e Hanson (1984)

O mapa convexo do sistema viário anterior é ilustrado na Figura 3.4, na qual o espaço aberto público é destacado na cor preta, e os espaços privados (fechados), deixados em branco.

**Figura 3.4 – Mapa convexo**



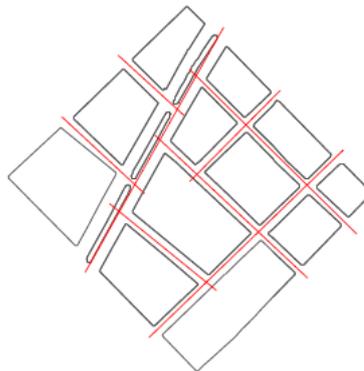
Fonte: o autor

### 3.2.2 Mapa axial

O mapa axial é feito pelo encontro de linhas axiais desenhadas sobre o sistema viário da base cartográfica das cidades estudadas. Linhas axiais são formadas pelo traçado de segmentos de linhas nos mapas até atravessarem outros segmentos, sucessivamente e sem repetições, sobre as ruas e avenidas, ou parte delas, de forma a estabelecerem espaços com o menor número possível de linhas.

Segundo Nogueira (2004), as linhas axiais são desenhadas sobre o sistema viário (espaço público) de forma a cobrir todo o espaço aberto e representam uma acessibilidade, estando relacionadas com o movimento através dos espaços, com os visitantes. A Figura 3.5 mostra o desenho das linhas axiais em um sistema viário simplificado.

**Figura 3.5 – Desenho das linhas axiais em um sistema viário**



Fonte: o autor

De acordo com Nogueira (2004), a partir das linhas axiais surge a medida espacial da axialidade, definida por meio do mapa axial, no qual se unem todos os espaços públicos do sistema por linhas que percorrem suas maiores extensões, formando um conjunto de linhas conectadas entre si. Neste trabalho de mestrado, a axialidade é a técnica utilizada, por ser a via o local onde ocorrem os atropelamentos. Os procedimentos que foram usados na construção das linhas axiais são mais bem detalhados a seguir, seguindo-se orientações extraídas de Nogueira (2004).

- a) No caso de encontros de vias em rotatórias de grandes dimensões, as linhas axiais são desenhadas em seus limites, considerando-a como uma “ilha espacial”. Em avenidas e ruas com mais de uma faixa, em com canteiros centrais com pequenas dimensões, são privilegiadas as ligações entre vias, desenhando-se apenas uma linha axial. Nos casos em que existam córregos ou rios separando as faixas, e com distâncias consideráveis entre elas, linhas axiais distintas devem ser construídas. A Figura 3.6 mostra um exemplo de construção, utilizado na cidade de Aracaju.

**Figura 3.6 – Exemplo de desenho das linhas axiais em rotatórias**



Fonte: Nogueira (2004)

- b) Em cruzamentos com canteiros diminutos, sem atividade humana, as linhas são construídas seguindo as vias, conectando-se linhas axiais de cada avenida, umas às outras, como pode ser observado no exemplo da Figura 3.7.

**Figura 3.7 – Exemplo do desenho de linhas axiais em cruzamentos**



Fonte: Nogueira (2004)

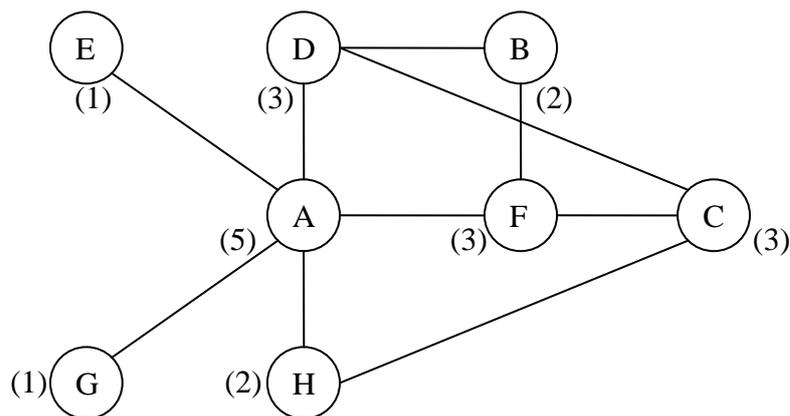
A representação axial, e as medidas dela derivadas, têm sido aplicadas com êxito no estudo de regras sociais e culturais do espaço, particularmente no impacto da configuração espacial sobre movimentos de pedestres e veículos (FIGUEIREDO; AMORIM, 2005). Para Medeiros (2006), é útil para a investigação do movimento e de aspectos urbanos ligados a ele, sendo a que melhor se aplica a grandes sistemas, como a cidade. A partir do mapa axial, são geradas as diversas variáveis sintáticas, e algumas delas são descritas em seguida.

### 3.3 As variáveis sintático-espaciais

#### 3.3.1 Conectividade

O mapa da conectividade é o primeiro gerado pelos programas computacionais sintáticos<sup>1</sup>. A conectividade é dada pelo número de intersecções de cada linha axial com as outras do mapa axial, e a partir dela são geradas todas as demais propriedades sintático-espaciais e seus respectivos mapas. Segundo Krafta (1991 apud NOGUEIRA, 2006), a conectividade é a quantidade de ligações de cada espaço público mantém com outros espaços do mesmo sistema. É a adjacência, continuidade ou posições relativas, e independe de direção ou distância (NOGUEIRA, 2006). A Figura 3.8 apresenta o número de conexões, entre parênteses, de cada espaço aberto do sistema viário anterior.

**Figura 3.8 – Número de conexões de cada espaço público**



Fonte: o autor

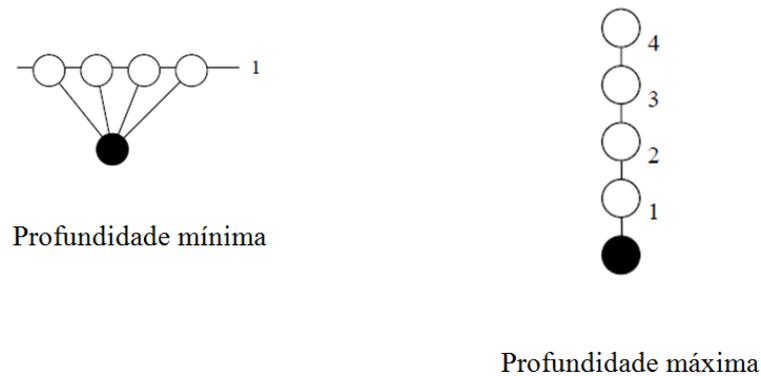
<sup>1</sup> Entre os programas computacionais sintático-espaciais destacam-se o *Axman*, restrito à plataforma Apple Macintosh, o *Depthmap*, restrito ao ambiente Windows e utilizado neste trabalho, e a mais recente versão *DepthmapX*, programa projetado para ser usado nas plataformas MacOSX, Windows e Linux.

### 3.3.2 As medidas de integração

Para o entendimento da integração, deve-se estabelecer a noção de profundidade para os conceitos sintático-espaciais. Quanto maior a profundidade entre dois pontos, mais espaços intermediários. A profundidade mínima dá-se quando todos os espaços são arranjados em uma sequência não linear em relação a uma origem. Assim, são contadas as quantidades de ligações entre dois nós para ser estabelecido o valor da profundidade.

A Figura 3.9 apresenta exemplos de profundidades mínima e máxima (sequência linear) para um determinado sistema, de acordo com Loureiro, Rigatti e Amorim (1995).

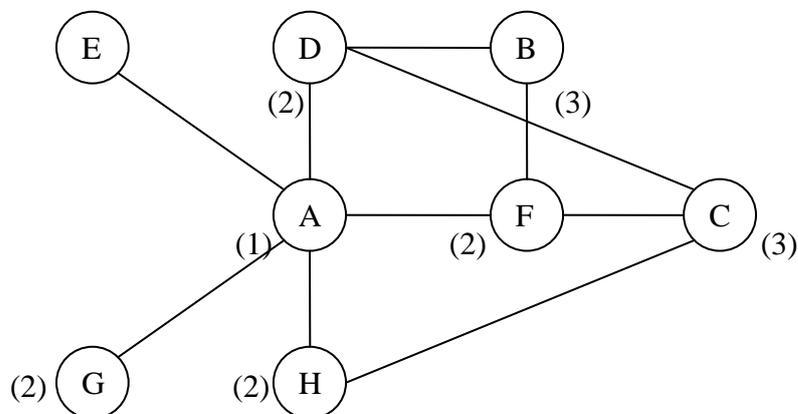
**Figura 3.9 – Profundidades mínima e máxima**



Fonte: Loureiro, Rigatti e Amorim (1995)

Para o sistema viário simplificado estudado, esquematizado na Figura 3.10, pode-se observar o número de passos de cada espaço do sistema (entre parênteses), a partir do nó E, considerando-o como espaço original no exemplo.

**Figura 3.10 – Profundidade de cada espaço em relação à origem E**



Fonte: o autor

A profundidade média de um determinado nó do sistema é obtida pela soma das profundidades em relação aos outros nós (profundidade total), dividindo-se pelo número de espaços do sistema, menos 1, conforme expresso pela equação 1.

$$MD = \frac{D_T}{k-1} \quad (1)$$

Onde  $D_T$  é a profundidade total e  $k$  é o número de espaços (linhas ou nós) no sistema.

Assim, para o nó E anterior como exemplo, tem-se o valor da profundidade dado por:

$$MD_E = \frac{1.1 + 4.2 + 2.3}{8-1} = 2,14$$

Os valores encontrados para a profundidade são utilizados para se encontrar a assimetria relativa (RA), dada de acordo com a equação 2.

$$RA = \frac{2.(MD-1)}{k-2} \quad (2)$$

Onde MD é a profundidade média da linha em relação às demais e  $k$  o número de espaços (linhas ou nós) no sistema. Para o nó E, tem-se:

$$RA_E = \frac{2.(2,14-1)}{8-2} = 0,38$$

Maiores valores de Assimetria Relativa, tendendo a 1, indicam espaços mais segregados do sistema, possibilitando maior movimento e possibilidade de encontros. Valores mais baixos, entre 0 e 1, são mais integrados a outros espaços do sistema, menos profundos. Dessa forma, baixos valores significam alto grau de integração com outros espaços.

De acordo com Hillier (1984), quando se deseja comparar sistemas de tamanhos diferentes, deve-se fazer transformações para se eliminar efeitos destes tamanhos. Utiliza-se então a Assimetria Relativa Real (RRA), que é a divisão da Assimetria Relativa pelo “valor diamante”, para um espaço igual ao estudado. Segundo Krüger e Vieira (2012), é um procedimento usual na Sintaxe que padroniza o RA por valores dados pelo fator de normatização  $D_k$  (valor diamante), independente da forma da distribuição da profundidade nos mapas axiais.

A Assimetria Relativa Real é obtida de acordo com a equação 3.

$$RRA = \frac{RA}{D_k} \quad (3)$$

Onde RA é o valor da Assimetria Relativa e  $D_k$  é o “valor diamante”, um fator de normalização.

Conforme encontrado nos trabalhos de Krüger (1989) e Krüger e Vieira (2012), o  $D_k$  pode ser obtido pela equação 4.

$$D_k = \frac{2[k(\log_2(\frac{k+2}{3})-1)+1]}{(k-1)(k-2)} \quad (4)$$

Onde k é o número de espaços do sistema analisado.

Para o nó E, em um sistema com oito espaços, tem-se:

$$D_k = \frac{2[8(\log_2(\frac{8+2}{3})-1)+1]}{(8-1)(8-2)} \cong 0,328$$

E o valor da Relativa Assimetria Real, dado por:

$$RRA = \frac{0,38}{0,328} = 1,16$$

Com o valor RRA encontrado, pode-se, por fim, determinar o valor da integração, calculado como o inverso da Relativa Assimetria Real.

Assim, a integração do nó E é dada por:

$$I_n = \frac{1}{1,16} = 0,86$$

A integração é a medida da profundidade de uma linha axial. De acordo com Nogueira (2004), a integração mede a profundidade existente de uma linha para todas as outras do sistema, e dessa forma áreas nas quais se obtém como resultado uma maior integração terão maior probabilidade de movimento e de encontros entre habitantes e visitantes.

A integração pode ser global, que é a integração de uma linha com todas as outras linhas de todo o sistema, ou local, que representa a medição das rotas de qualquer linha para aquelas que estão a um determinado número de passos de distância, medindo a importância localizada de um espaço em uma área específica.

A tabela 2 mostra os valores de integração global, também denominada integração raio-n, obtidos no sistema viário analisado, por meio do programa computacional *Depthmap*.

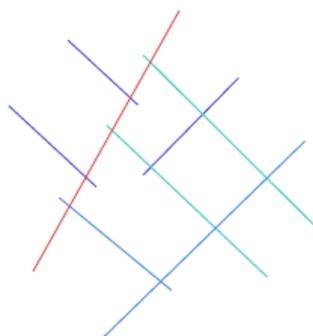
**Tabela 2 – Conectividade e integração global**

Espaço	Conectividade	Integração Global
A	5	3,4479
B	2	0,8620
C	3	1,1493
D	3	1,7239
E	1	0,8620
F	3	1,7239
G	1	0,8620
H	2	1,1493

Fonte: o autor

Os espaços mais integrados são representados no mapa axial por cores mais fortes (vermelho e laranja), sendo áreas mais acessíveis, mais facilmente alcançadas. Os menos integrados são representados pelas cores azul, verde e cian, mais segregados no sistema. Observa-se na Figura 3.11 o mapa axial do sistema viário exemplificado, tendo a “Avenida A”, em vermelho, como o espaço mais integrado.

**Figura 3.11 – Mapa axial da integração global**



Fonte: o autor

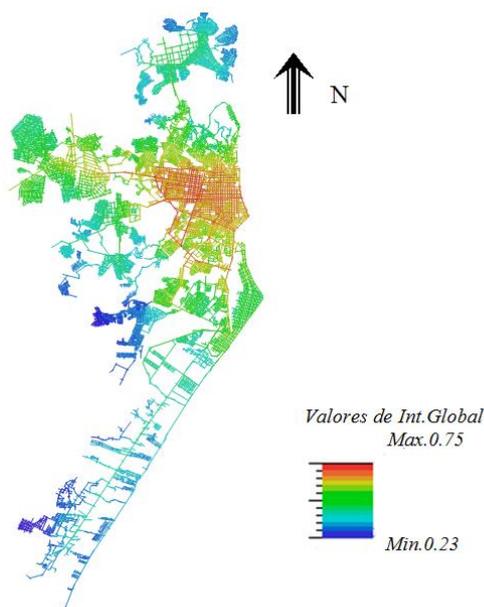
### 3.4 A Sintaxe Espacial e o Planejamento de Transportes

#### 3.4.1 A Sintaxe e os movimentos

De acordo com Medeiros (2006), há uma forte associação entre a forma de articulação das malhas viárias e os potenciais de acessibilidade encontrados para cada eixo em um mapa axial. Para Nogueira (2004), a relação da propriedade da integração com o movimento mostra que áreas mais integradas são as que suportam maior fluxo de movimento de pedestres e veículos, resultado observado a partir de muitos e diferentes experimentos ao redor do mundo, em diferentes cidades, sendo aceito e praticamente considerado como lei dentro da comunidade acadêmica da Sintaxe Espacial.

Em uma análise realizada por Nogueira (2004), o mapa axial de integração global da cidade de Aracaju, em 2003, apresentado na Figura 3.12, que quantifica e qualifica a acessibilidade de cada linha do sistema, demonstrou valores para o núcleo central com cores vermelha e laranja, como consequência da boa acessibilidade e compacidade. As regiões norte e noroeste, representadas pelas cores verde, cyan e azul, foram avaliadas com valores menores de integração global, sendo áreas ocupadas por populações de menor renda, situadas em espaços fragmentados e com pouca acessibilidade, com grandes vazios urbanos e segregação econômico-espacial.

**Figura 3.12 – Mapa axial de Integração global de Aracaju, em 2003**



Fonte: Nogueira (2004)

Segundo Medeiros (2006), as simulações realizadas por meio de valores sintáticos consistem em um instrumento capaz de medir, quantificar e hierarquizar níveis complexos de conexões de cada via e o complexo onde ela se insere, permitindo a visualização de uma malha viária em gradações de potenciais de fluxos e movimentos, isto é, de integração.

A teoria é baseada no princípio do movimento natural, que segundo Hillier (2007), trata-se da proporção de movimento de cada linha determinada pela estrutura da rede da malha viária, sem considerar estruturas de atração e magnetos. Por trabalhar com modelos configuracionais que abrangem fluxos potenciais e a malha viária urbana, a Sintaxe Espacial tem se mostrado um ramo com grande potencial de diversos usos na Engenharia de Transportes.

Medeiros (2006) afirma que a configuração de uma malha viária pode promover a concentração de movimento em certo trecho urbano, movimento que atrai certos empreendimentos beneficiados por estes fluxos, atraindo outros empreendimentos e outros fluxos e movimentos, traduzindo-se em um efeito multiplicador.

De acordo com Cavalcante (2009), o uso da axialidade em conjunto com outras modelagens vigentes viabiliza a rápida identificação de hierarquias de movimentos na malha e pode projetar ocupações, comparando-as com volumes de tráfego reais. Diversos trabalhos, no Brasil e no Exterior, foram realizados nas duas últimas décadas abordando conceitos sintático-espaciais, e alguns desses exemplos estão resumidos nos dois próximos tópicos.

### **3.4.2 Pesquisas brasileiras em Transportes com o uso da Sintaxe Espacial**

O fluxo de pedestres na Universidade Federal de São Carlos foi abordado por Nogueira (1998) com a utilização das propriedades convexidade, axialidade e continuidade, encontrando por meio dos conceitos espaços muito fragmentados, isolados do sistema, levando à segregação e ocasionando baixa interface nas relações pessoais entre os indivíduos, com a diminuição das trocas de informações na Universidade.

Barros (2006) verificou o potencial da Sintaxe para a estimativa de rotas de viagens atraentes com o auxílio da utilização de ferramentas sintáticas e baseado na abordagem pela Análise dos Segmentos. O uso da teoria mostrou um quadro geral do movimento, permitindo a identificação do comportamento da malha, de áreas segregadas e integradas, possivelmente associadas com o uso do solo, renda e, conseqüentemente, tendo-se uma noção de origens e destinos de prováveis viagens. Com isso, demonstrou que mapas axiais podem funcionar

como um primeiro estágio de investigação, sendo mais rápidos e econômicos que os modelos convencionais de alocação de tráfego.

Fundamentada inicialmente no estudo da configuração urbana e baseada em estruturas topológicas para a compreensão das relações sociais que ocorrem nas cidades, alguns questionamentos têm sido feitos a respeito da forma de sua análise. Barros (2006) aponta, no mesmo estudo, a Análise de Segmentos como nova alternativa às observações de Maha (1997), de que “a representação da malha viária através do mapa axial necessita ser aprimorada, uma vez que, ao se representar diversos segmentos de vias que constituem o mesmo trajeto por uma única linha axial, torna difícil detectar propriedades específicas a cada via ali representada”.

Em outro trabalho, Barros et al. (2009) procuraram discutir como a estrutura da malha viária, em frações urbanas, seria capaz de interferir nas questões de circulação e acessibilidade, explorando a mobilidade urbana no principal campus da Universidade de Brasília e comparando o desempenho entre dois modelos: o configuracional, baseado na Teoria da Lógica Social do Espaço, e o modelo tradicional de Transportes, o SATURN (*Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks*). Para os autores, os achados oriundos dos mapas axiais permitem uma visualização mais precisa das relações de fluxo e movimento em uma dada fração urbana, auxiliando em ações e estratégias de circulação viária, reduzindo custos, mas não substituindo ferramentas tradicionais de análise de tráfego.

Cavalcante e Holanda (2005) procuraram estreitar a relação entre o planejamento de transportes e o uso do solo, investigando os problemas de acesso e circulação na cidade de Fortaleza. A classificação das vias no sistema viário e a localização das atividades foram correlacionadas com a morfologia urbana e a análise da forma de dispersão de barreiras e permeabilidades à circulação, confrontando-se duas linhas teóricas: a atratividade e a Teoria da Sintaxe Espacial. Segundo os autores, verificaram-se indícios que sugerem investigações sobre o uso da axialidade e suas interpretações na avaliação de movimentos na malha, considerando-a não apenas um método de definição de velocidades ou de um nível de serviço, mas também uma ferramenta de auxílio potencial nos parâmetros da hierarquia das vias.

O desenho da malha viária como influente na formação de movimentação de veículos e na alocação de tráfego propiciou também o estudo de Cavalcante, Paula e França (2007) na análise do uso do solo para a determinação de locais críticos para a implantação de Polos Geradores de Viagens (PGV).

A modelação matemática em conjunto com a utilização do Sistema de Informação Geográfica, de técnicas de fluxos de demandas e de fluxos potenciais, neste último utilizando-se da Teoria da Sintaxe Espacial, foi elaborada por Cavalcante (2009), buscando a caracterização dos principais elementos causadores de congestionamentos na cidade de Fortaleza, investigando para esse fim a contribuição da malha e do uso do solo. Neste trabalho, resultados sintático-espaciais mostram que a expansão da malha originou áreas de alta conectividade, levando a padrões de movimentos veiculares causadores dos congestionamentos.

Zampieri (2006) analisou metodologias usadas em modelos de movimentos de pedestres, e novas tecnologias incorporadas a eles, na avaliação da circulação urbana de pedestres na cidade de Santa Maria-RS. Neste trabalho, a Sintaxe é destacada por relacionar os efeitos da malha viária como indutora do movimento, e as medidas de desempenho por criarem formas de avaliação da qualidade dos passeios, sendo o processamento das variáveis do espaço urbano feito com o uso das redes neurais artificiais.

Entre os resultados da pesquisa, confirmaram-se dois tipos de lógica entre o movimento e a malha urbana: a dos pedestres em movimento, influenciados por medidas de integração global, e a dos pedestres parados, influenciados pelas características locais da integração e conectividade.

O movimento de pedestres em centros urbanos foi ainda abordado por Zampieri (2012), utilizando-se de mais variáveis sintáticas, reforçando, no entanto, que esta teoria possui a limitação de prever apenas parte deste movimento, só encontrando correlações significativas quando a medida de inteligibilidade (correlação entre conectividade e a integração) apresenta valores elevados. Em relação às medidas das variáveis *controle* e *profundidade*, encontrou-se que estas estão associadas à diminuição do fluxo de pedestres, ou seja, quanto mais segregado e profundo o sistema, mais restrito é o movimento de pessoas, excetuando-se para o gênero “crianças”.

Pereira et al. (2011), em trabalho publicado pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), pesquisaram a potencialidade da Sintaxe Espacial na análise dos efeitos configuracionais urbanos sobre o desempenho do transporte. A consequência do grau da integração de diferentes estruturas sobre o tempo médio de deslocamentos foi verificada em um estudo de caso dos sistemas viários do Distrito Federal e de suas dezenove regiões administrativas.

Neste mesmo trabalho, algumas variáveis configuracionais foram utilizadas em análises feitas por meio de Regressão Linear Simples e, dentre alguns dos resultados obtidos, é sugerido que sistemas viários mais integrados e mais compactos proporcionam maior eficiência de desempenho do transporte urbano motorizado, com menores tempos de deslocamento.

Pereira et al. (2011) lembram que as técnicas de análise da configuração urbana, como os mapas axial e de segmento, em princípio não foram criadas considerando-se características viários essenciais, tais como a capacidade viária (como por exemplo, a largura e o número de faixas), o sentido do fluxo ou a estrutura do pavimento. São desconsideradas, também, informações tridimensionais como relevos, variação na topografia, ferramentas de Engenharia de Tráfego como lombadas redutoras de velocidade e semáforos, além de angulação das curvas ou distâncias geométricas no traçado. Ressaltam os autores, porém, que a Sintaxe trabalha com a predictibilidade (a correlação entre medidas de integração e a quantidade de fluxos reais). Embora prescindida de informações do projeto geométrica das vias, é capaz de apontar vias que possivelmente receberão maior fluxo.

Carmo, Raia Jr. e Nogueira (2012) realizaram um estudo exploratório relacionando o uso da Teoria da Sintaxe Espacial e suas aplicações na área de circulação e transportes, onde levantaram uma série de trabalhos, mostrando que esta teoria tem sido bastante usada para estudos nessas áreas, não só no Brasil, como em várias partes do mundo.

### **3.4.3 Pesquisas internacionais em Transportes com o uso da Sintaxe Espacial**

O movimento de pedestres em áreas urbanas foi objeto de análise de Kim, Shim e Kong (2007), que desenvolveram um novo método na construção de rede de pedestres pela análise de caso na People's Plaza, na cidade de Seul, propondo um novo modelo para a construção de linhas axiais. Shim, Kim e Kim (2007) usaram as propriedades sintático-espaciais para criarem uma rede de pedestres e analisarem a correlação entre a rede e o volume de tráfego de pessoas, de acordo com o tipo de uso do solo, além de examinarem a acessibilidade dos espaços na região central de Seul.

Özbil e Peponis (2007) estudaram três áreas em Atlanta para estabelecer correlações entre a configuração das vias e a densidades de deslocamento de pedestres. Dois tipos de análise são utilizados: primeiro, a análise sintática padrão aplicada aos mapas axiais, desenhados para cobrir áreas suficientemente grandes para que os mapas de valores de raio 3

de integração, atribuídos a espaços de observação, não sofressem nenhum efeitos dos eixos; em segundo lugar, as novas técnicas de análise que podem ser aplicadas ao padrão SIG de representações de eixos de vias. Os autores mostraram novas medidas preconizadas de deslocamentos, bem como as medidas-padrão sintáticas.

Özbil e Peponis (2012) verificaram como a densidade urbana, o uso e ocupação do solo e a estrutura da rede viária estão relacionados com as caminhadas nas entradas e saídas das estações de transporte urbano ferroviário. Os resultados encontrados confirmaram a hipótese de que as condições locais em torno das estações em Atlanta estão associadas com o entra e sai de pedestres, e os modelos desenvolvidos revelaram que redes viárias mais conectadas e o uso misto do solo são fatores mais fortemente associados com uma proporção das caminhadas. Estes encontros, segundo os autores, ajudam a orientar o planejamento do trânsito de pessoas ao enfatizar a contribuição da estrutura espacial, prevendo a necessidade de calçamentos e contribuindo para a segurança dos pedestres.

Outras investigações que abrangem a segurança viária de pedestres também foram feitas com auxílio de ferramentas e modelos sintáticos. Raford e Ragland (2003) desenvolveram estimativas de volume de pedestres na cidade de Oakland, Califórnia, usando-as para calcular a taxa de exposição de pedestres e, conseqüentemente, criar índices de riscos de ocorrência de acidentes no movimento de pessoas. Outro trabalho de Raford e Ragland (2006), na cidade de Boston, Massachusetts, confirmou o modelo baseado em variáveis sintáticas como boa ferramenta para fluxos estimados de movimento de pessoas.

Análises sobre os efeitos da configuração urbana sobre transportes públicos também têm sido realizadas. Chiaradia, Moreau e Raford (2005) realizaram um estudo de caso sobre a rede de metrô de Londres usando a Sintaxe Espacial. Nesta abordagem, verificou-se que a localização na estrutura da rede das estações influencia no movimento de passageiros tanto quanto, ou mais, que outros fatores tradicionais como o uso e ocupação do solo e as densidades de emprego e população das proximidades.

Law, Chiaradia and Schhwander (2012) procuraram verificar, por meio do uso do *Depthmap* e Sistema de Informação Geográfica, uma rede de transporte público de Londres, desenvolvendo um modelo bimodal que combinasse as ruas e metrô. Os resultados sugerem que o estudo integrado bimodal é capaz de verificar com mais precisão vantagens espaciais dos centros que são bem conectados aos modos de transportes diferentes dos viários, em relação a uma análise somente feita baseada em estudos tradicionais da Sintaxe Espacial.

Além da modelagem de rotas e fluxos de pedestres e automóveis, o trabalho realizado por Raford, Chiaradia e Gil (2007) apresentou um novo método para a previsão de volume de tráfego de ciclistas e de escolha de rotas cicláveis, por meio de técnicas sintático-espaciais, na cidade de Londres, encontrando que as rotas de viagens preferidas são aquelas que estão em trechos mais curtos ou mais integrados e evidenciando a importância de outras variáveis, como o ângulo vertical de inclinação das rotas. Com esta abordagem, pesquisando o fenômeno do movimento natural relacionado às bicicletas, demonstrou-se também toda a capacidade de aplicação da Teoria, indicando que há, ainda, muitos ramos não investigados, a serem estudados em futuras pesquisas.

## **4. SIG E O PROGRAMA SINTÁTICO-ESPACIAL**

---

Esta pesquisa utilizou duas ferramentas importantes na realização do estudo de correlação entre os atropelamentos e a configuração das cidades: um programa de Sistema de Informação Geográfica e o programa sintático-espacial *Depthmap*, apresentados a seguir.

### **4.1 Sistema de Informação Geográfica**

Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta computacional que agrega ao conjunto de mapas cartográficos dados de determinadas bases, possibilitando uma interação entre os vários usos de programas computacionais e a abrangência das informações como um todo.

Segundo Câmara e Queiroz (2000), o termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que fazem o tratamento de dados geográficos, georreferenciados, levando a informações por meio de dados numéricos e de características espaciais, oferecendo ao administrador – urbanista, engenheiro e planejador – uma visão inédita de seu ambiente de trabalho.

Para Ferraz, Raia Jr. e Bezerra (2008) e Ferraz et al. (2012), a tarefa de análise da acidentalidade no trânsito é bastante facilitada, hoje, com a utilização de sistemas informatizados como o SIG. Essa inovação no método de trabalho, que possibilita ao engenheiro de transportes uma análise de dados cadastrais aliada às bases cartográficas, enxergando o sistema como um todo, pode ser incrementada com o auxílio de programas cada vez ainda mais específicos para a área de planejamento de transportes, os SIG-T, Sistema de Informação Geográfica para Transportes.

Silva (1998) afirma que programas com essa característica fornecem aos usuários amplo acesso às bases de dados, tanto geográficos quanto de transporte, possibilitando a combinação desses elementos de diferentes formas com rapidez e flexibilidade, sendo útil no planejamento urbano, operacional de transportes e na análise de acidentes.

Segundo Mantovani (2004), os SIG-T são ferramentas SIG adaptadas para a resolução de problemas relacionados ao trânsito e transportes com possibilidades amplas na visualização, localização de dados, agrupamento, criação de banco de dados e de mapas temáticos. Dentre os principais SIG-T, destaca-se o *TransCAD* (*GIS Transportation Planning*

*Software*), criado pela *Caliper Corporation*. Para este trabalho, o SIG-T *TransCAD* 5.0 foi disponibilizado pelo NEMS – Núcleo de Estudos de Mobilidade Sustentável, da Universidade Federal de São Carlos.

Em estudo realizado por Guerreiro (2008), a criação de banco de dados e mapas temáticos com o uso do programa *TransCAD* possibilitou a distribuição espacial dos acidentes de trânsito e a criação de banco de dados em ambiente SIG, gerando mapas temáticos para a análise de acidentes de trânsito envolvendo os ônibus de transporte coletivo no município de São Carlos – SP.

Raia Jr. et al. (2001) apontam que um Sistema de Informação Geográfica é uma ferramenta essencial para o georreferenciamento de acidentes de trânsito, uma vez que eles possuem atributos tanto geográficos, podendo associar a eles um par de coordenadas, por exemplo, bem como atributos não geográficos.

Nos trabalhos realizados por Santos (2006), e Santos e Raia Jr. (2008), o programa *TransCAD* e sua ferramenta “address matching” propiciaram o georreferenciamento dos acidentes de trânsito ocorridos no município de São Carlos de 2001 a 2003, bem como de 299 ocorrências de atropelamentos no período, dos 421 registros originais. A diferença foi motivada por problemas de endereçamento e pela qualidade das informações obtidas na coleta de dados, principalmente as relacionadas à localização exata dos acidentes.

Oliveira (2009) e Oliveira e Raia Jr. (2009) utilizaram um Sistema de Informações Geográficas para analisar os atropelamentos ocorridos em São Carlos, no período de 2001 a 2006. Alves (2011) e Alves e Raia Jr. (2012) usaram também um SIG para a localização espacial de acidentes de trânsito, em estudo na cidade de Uberlândia, com bons resultados.

## **4.2 Depthmap**

Para a análise da configuração urbana e construção dos mapas axiais, alguns programas computacionais são utilizados e citados como exemplo. O estudo de Nogueira (2004) utilizou o programa *Axman PPC 3.0*, restrito à plataforma Apple Macintosh; já Barros (2006) usou o *Depthmap* para a construção dos mapas de segmentos, e o trabalho de Cavalcante (2009) empregou as versões *Mindwalk 1.0* e *Depthmap 6.08*.

O *Depthmap*, ferramenta para as análises da configuração urbana por meio da Teoria da Sintaxe Espacial, foi criado por Alasdair Turner, na *University College London*, e

disponibilizado para a comunidade acadêmica a partir de 2011. Neste trabalho, utilizou-se sua versão mais recente, 10.14, para a geração das variáveis sintáticas e a análise tradicional da integração, buscando-se as áreas para onde convergem os fluxos e usos diversificados.

Nos últimos anos, devido aos vários questionamentos relatados, os programas sintáticos têm sido incrementados, na tentativa de possibilitar uma análise configuracional levando-se em consideração medidas topogeométricas.

De acordo com Medeiros (2006), o fato de o *Depthmap* incorporar aspectos métricos, possibilitando encontrar raios geométricos a partir de uma dimensão qualquer, ao invés de somente raios topológicos, possibilitará uma integração com mais consistência entre as características topológicas e geométricas em futuras pesquisas configuracionais.

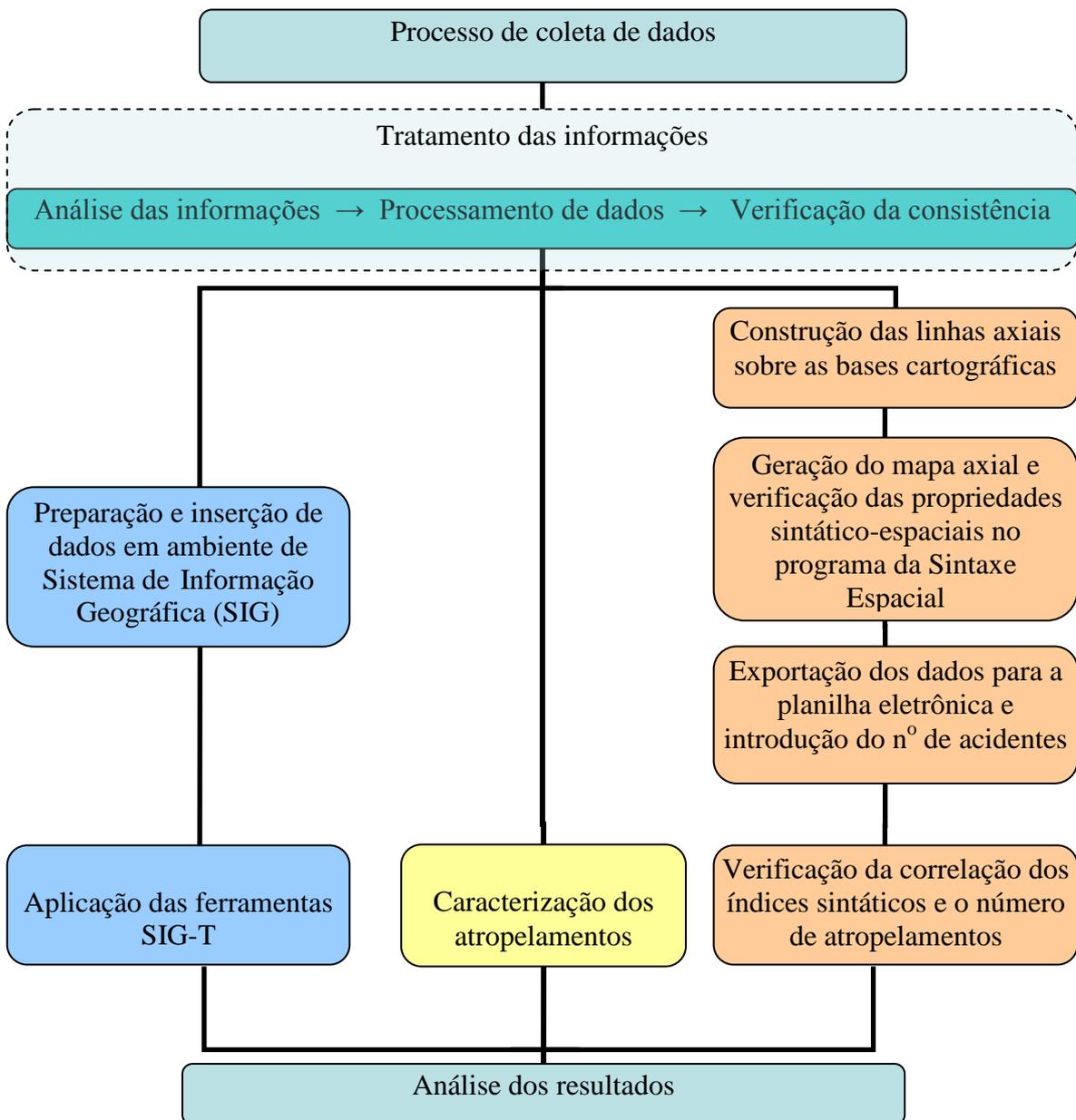
O programa *Depthmap* também tem sido utilizado em outros estudos nas áreas de engenharia de tráfego e de transportes. Pereira et al. (2011) o usaram em estudos relacionados ao desempenho de transportes urbanos. Barros (2011), Barros et al. (2009) fizeram uso deste programa para estudos de alocação de tráfego em redes. Já Cavalcante et al. (2007) utilizaram o *Depthmap* para estudos de locais críticos para implantação de polos geradores de viagens. Barros e Medeiros (2010) e Lopes e Cavalcante (2011) investigaram a mobilidade urbana, tendo como ferramenta de apoio este programa sintático-espacial.

## 5. MATERIAIS E MÉTODO

### 5.1 Fases da Metodologia

A metodologia para o desenvolvimento desta pesquisa consiste em 10 fases, esquematizadas na Figura 5.1.

**Figura 5.1 – Esquema das fases da metodologia utilizada**



Fonte: o autor

## **5.2 Descrição das fases**

### **1. Processo de coleta de dados**

As informações sobre acidentes de trânsito são registradas pela Polícia Militar, com a realização dos Boletins de Ocorrências (BOs). Todos os acidentes que provoquem vítimas devem ser registrados com o comparecimento da Polícia aos locais da ocorrência, como no caso dos atropelamentos.

Na cidade de São José do Rio Preto, a Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito (APATRU) é a responsável pela manutenção do banco de dados permanente dos acidentes de trânsito com vítimas. Foram disponibilizados os dados referentes aos anos de 2007 a 2010, em planilhas eletrônicas, preenchidas com a data do acidente, horário, dia da semana, endereço, número, bairro, trecho, cruzamento, existência de semáforo, condições do tempo, tipo de pista, condição da pista, tipo de veículo, idade e sexo da vítima, sinal de embriaguez e gravidade das lesões.

A base cartográfica do município foi disponibilizada pela Secretaria Municipal de Planejamento Estratégico, Ciência, Tecnologia e Inovação, por meio da Empresa Municipal de Processamento de Dados (EMPRO).

Na cidade de São Carlos, o banco de dados de acidentes é mantido e foi disponibilizado pela Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito. A base cartográfica da cidade foi obtida junto ao Núcleo de Estudos em Trânsito, Transportes e Logística (NESTTRAL), do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

### **2. Tratamento das informações coletadas**

Foram elaborados a análise, processamento e verificação de consistência dos dados dos atropelamentos. Os dados coletados na APATRU, fornecidos já digitalizados em planilha eletrônica, foram então analisados e feita a verificação de sua consistência para a correção e eliminação de dados duplicados e inconsistentes, selecionando-se apenas as vias urbanas, priorizadas neste trabalho. Foi realizada, também nesta etapa, a padronização e correção dos nomes dos logradouros, para a contagem exata do número de acidentes em cada elemento viário, valores necessários para a inserção dos dados nas etapas 3 e 8.

Em São Carlos foram fornecidos relatórios impressos e permitida a consulta no banco de dados de acidentes utilizado pela Secretaria de Trânsito e Transportes, para a complementação e conferência de informações pertinentes. Posteriormente, foi utilizada uma planilha eletrônica para o processamento e verificação da consistência, padronizando assim toda a etapa do tratamento das informações.

### **3. Preparação e inserção de dados em ambiente SIG**

Algumas informações (georreferenciadas e de atributos) foram preparadas para sua inserção em base SIG. Para a introdução dessas informações, foi necessário um processo de manipulação da base de dados, de forma a torná-la compatível à exportação/importação desses dados. Feita essa preparação, foi usado um programa SIG para o georreferenciamento da base de dados dos atropelamentos.

### **4. Aplicação de ferramentas SIG**

Com a base de dados georreferenciada na etapa 3, pôde-se utilizar algumas ferramentas do Sistema de Informação Geográfica para a realização de algumas análises pertinentes e melhor visualização, como as vias com maior acidentalidade e a concentração dos atropelamentos em determinadas áreas.

### **5. Caracterização da ocorrência dos atropelamentos nas cidades estudadas**

A caracterização da ocorrência dos atropelamentos foi feita com o uso de programa de planilha eletrônica, segundo a ocorrência em cruzamentos ou ao longo das vias, veículos envolvidos e gravidade das lesões, dias da semana, período do dia, sexo e idade das vítimas, por meio de gráficos e tabelas.

## **6. Construção das linhas axiais sobre as bases cartográficas**

Antes de serem utilizados os programas disponíveis para as análises sintático-espaciais, foi necessária a construção das linhas sobre os mapas das duas cidades estudadas, disponíveis na extensão ".dwg", própria de arquivos de desenhos em computador. Elas foram, posteriormente, exportadas, no formato ".dxf", compatível com muitos programas, para o *Depthmap*, ferramenta específica da Sintaxe Espacial.

## **7. Inserção das linhas axiais para a geração do mapa axial e verificação das propriedades sintático-espaciais no programa da Sintaxe Espacial**

O desenho das linhas axiais executadas sobre os mapas originais representa as vias, ou parte delas. Estas linhas foram importadas pelo programa *Depthmap*, que gerou o mapa axial, representando cada linha axial por uma numeração de referência e permitindo a verificação dos índices sintático-espaciais pertinentes – integração (global e local) e conectividade – de cada elemento.

## **8. Exportação dos dados para a planilha eletrônica e introdução do número de acidentes**

Procedeu-se a exportação da tabela que contém os índices sintáticos, no formato "dbf" (extensão utilizada para arquivos de bancos de dados), para a planilha eletrônica, e a introdução do número de acidentes, por meio de uma nova coluna de atributos, que ligasse o número de ocorrências com a respectiva numeração de referência da linha.

## **9. Verificação das correlações**

Com a introdução dos dados pôde-se comparar atributos com a verificação da correlação de cada uma das propriedades sintáticas com o número de acidentes.

## 10. Análise dos resultados

Nesta última etapa da metodologia, pôde-se então verificar os resultados obtidos nas etapas anteriores. Foi feita de acordo com os seguintes passos:

- a) **Análise visual** - a análise visual dos mapas gerados é a primeira e imediata forma para a verificação dos dados obtidos. Os mapas axiais representantes das propriedades sintático-espaciais foram comparados com a base de dados georreferenciada em ambiente SIG. Para isso, exportou-se o mapa da integração global, do *Depthmap*, no formato do programa *MapInfo*, abrindo-o no SIG com extensão “.mif”, compatível para o intercâmbio de arquivos dos programas computacionais. No SIG-T *TransCAD*, por meio da ferramenta “rubbersheet”, foram feitos os ajustes necessários de latitude e longitude. A sobreposição foi realizada adicionando o mapa axial como uma camada da base cartográfica da cidade estudada.
- b) **Análise da correlação** – os índices sintáticos obtidos geraram a possibilidade de análise para a uma melhor investigação da correlação entre o número de atropelamentos ocorridos em cada via urbana e em sua respectiva linha axial. Dessa forma, extraíram-se informações que caracterizam os atropelamentos e analisam o desenho urbano das cidades estudadas de acordo com as propriedades da Teoria da Lógica Social do Espaço, buscando o estudo da ocorrência da acidentalidade envolvendo pedestres e sua correlação com a configuração urbana nas cidades de São Carlos e São José do Rio Preto.

## 6. RESULTADOS

---

Nesta seção, são apresentados os resultados relacionados com a caracterização dos atropelamentos ocorridos nas cidades objetos de estudos desta pesquisa, ou seja, São José do Rio Preto e São Carlos.

### 6.1 São José do Rio Preto

#### 6.1.1 Caracterização dos atropelamentos

A cidade de São José do Rio Preto situa-se na região noroeste do estado de São Paulo, a 453 km da capital São Paulo, fazendo divisa com as cidades de Bady Bassitt, Cedral, Guapiaçu, Ipiranga, Mirassol, Nova Granada e Onda Verde. Sua população, em 2010, era de 408.435 habitantes (IBGE, 2010).

**Figura 6.1 – Base cartográfica da cidade de São José do Rio Preto**



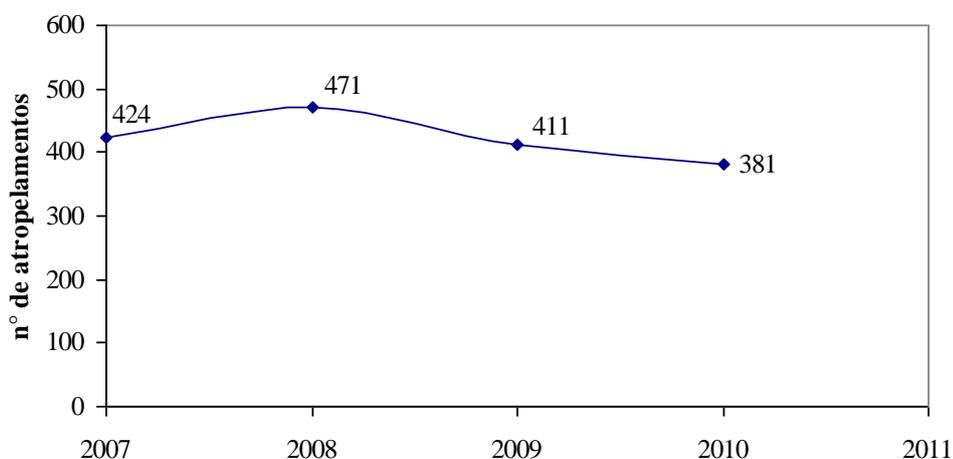
Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento Estratégico, Ciência, Tecnologia e Inovação

Em junho de 2011, existiam no município 293.415 veículos registrados, com uma taxa de motorização de 1,39 hab/veículo (DENATRAN, 2012). Em 2010, houve 83 vítimas fatais em acidentes de trânsito nas vias urbanas e rurais, com uma relação de 20,3 mortes/100.000 habitantes. Nos últimos anos, esta taxa tem se mantido praticamente constante.

Foram contabilizados, em 2010, 4.767 acidentes de trânsito, sendo 381 atropelamentos em vias urbanas (aproximadamente 8% dos acidentes), com 37 vítimas gravemente feridas e três pedestres vítimas fatais, dos nove óbitos em colisões de trânsito registrados no local, significando o modo transporte a pé 33,3% do total. Das vítimas pedestres graves, sete foram a óbito em menos de 30 dias após o acidente.

No ano de 2009, dos 4.578 acidentes de trânsito, 411 envolveram pedestres (9,0%). A Figura 6.2 mostra a ocorrência de atropelamentos nos últimos anos.

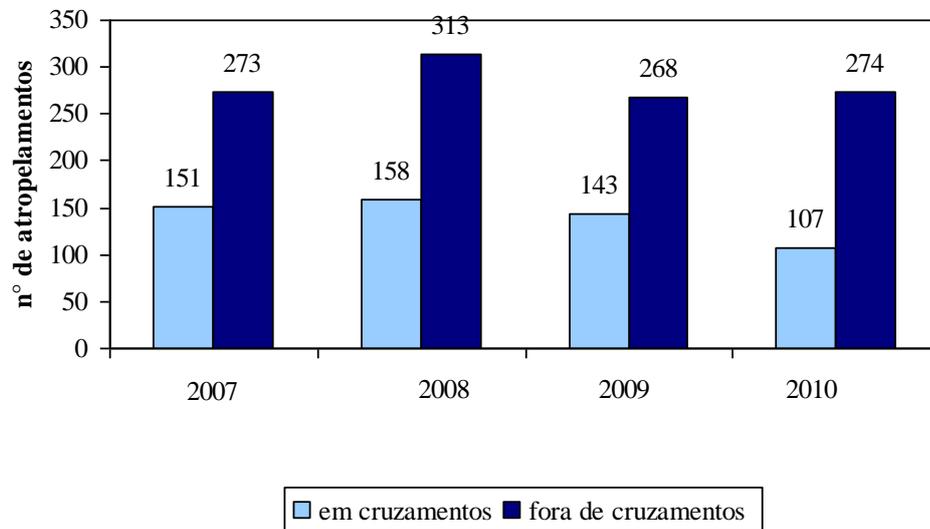
**Figura 6.2 – Número de atropelamentos em São José do Rio Preto nos últimos anos**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

Mais de dois terços dos acidentes no período de 2007 a 2010 ocorreram ao longo das vias, ou seja, fora dos cruzamentos, o que pode ser observado na Figura 6.3.

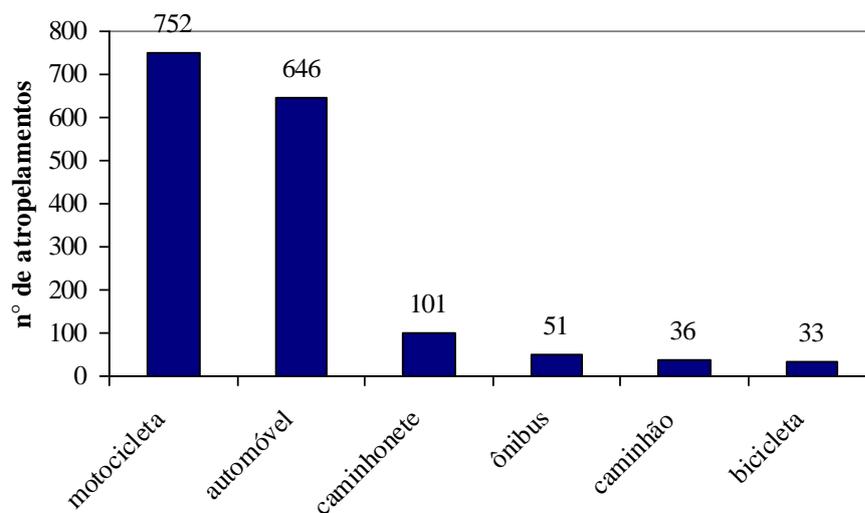
**Figura 6.3 – Número de atropelamentos em cruzamentos e fora de cruzamentos nos anos de 2007 a 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

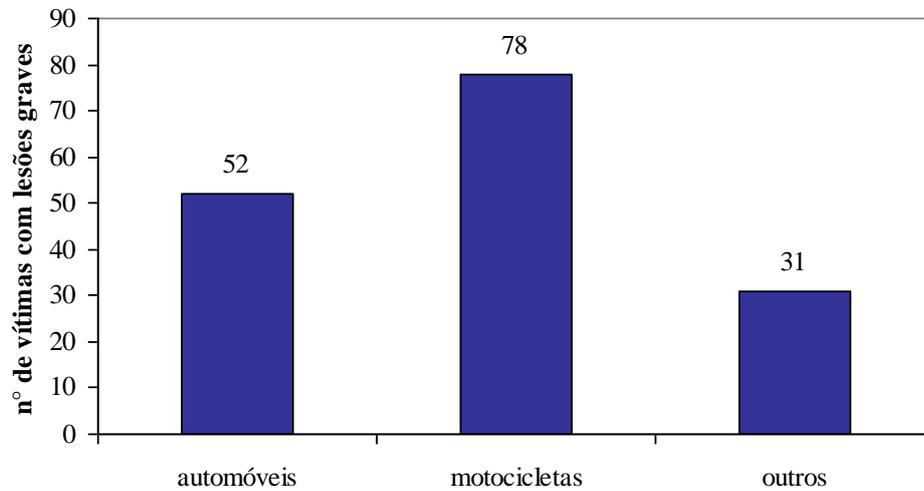
Quanto aos veículos envolvidos nas colisões, verifica-se na Figura 6.4 a predominância de motocicletas no quadriênio 2007-2010, superando os automóveis. As motos estão, também, envolvidas na maioria dos acidentes mais severos, em 78 ocorrências, que representam quase 50% do total de vítimas lesionadas gravemente, o que pode ser observado na Figura 6.5.

**Figura 6.4 – Número de atropelamentos em relação aos veículos envolvidos no quadriênio 2007-2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

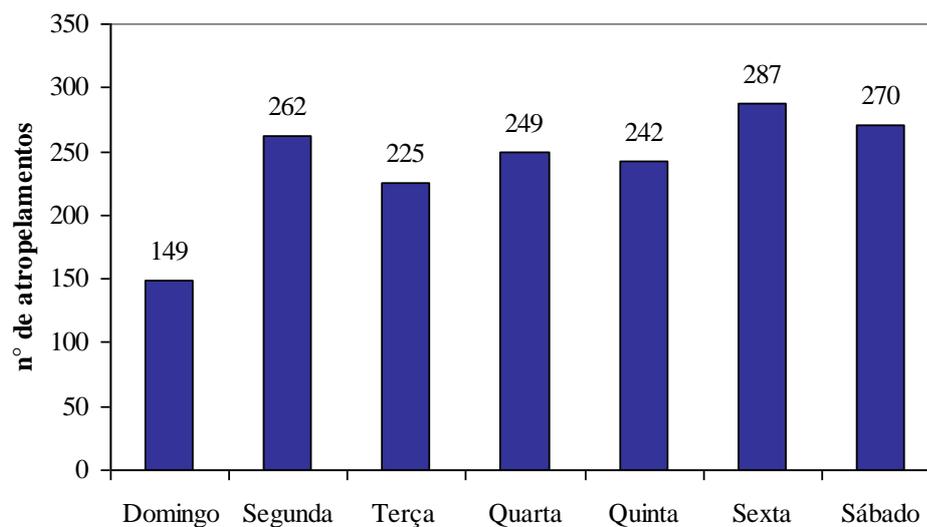
**Figura 6.5 – Número de vítimas com lesões graves em relação aos veículos envolvidos para o quadriênio 2007 – 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

Em relação à distribuição nos dias da semana, os acidentes com pedestres são uniformemente distribuídos, com um número pouco maior às sextas-feiras, como se pode ver na Figura 6.6.

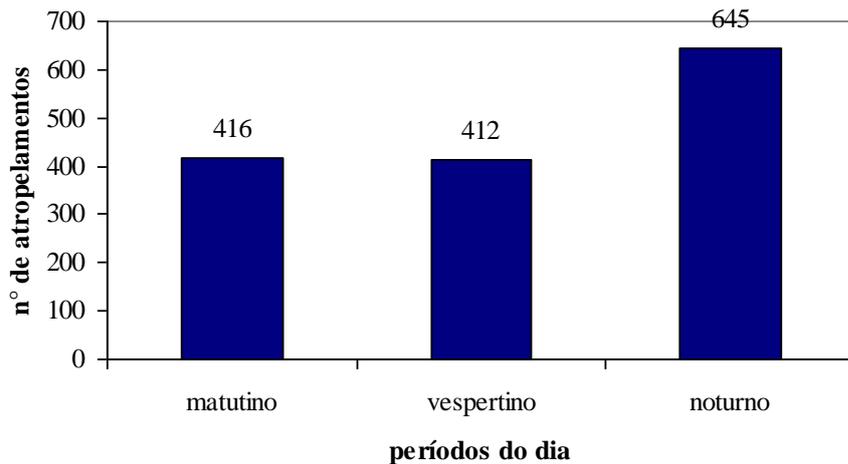
**Figura 6.6 – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos dias para o quadriênio 2007 – 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

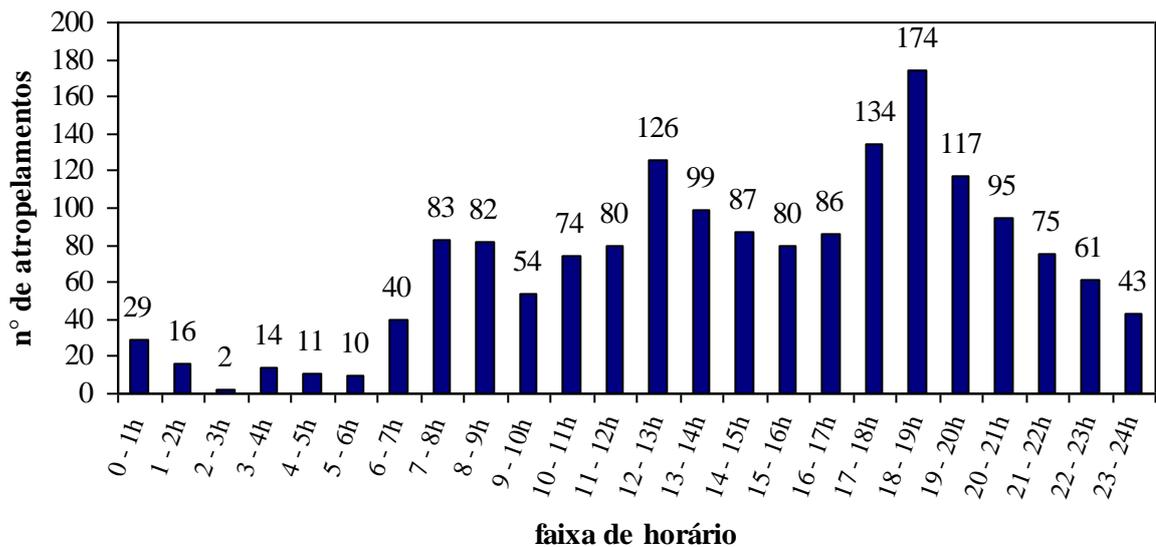
Durante o quadriênio 2007 – 2010, mais de 60% dos acidentes entre veículos e pedestres aconteceram no período diurno (das 6h às 18h), com horas críticas ficando entre 12 e 13h, e 17 e 18h. O período de pico foi registrado entre 18 e 19h, de acordo com as Figuras 6.7 e 6.8.

**Figura 6.7 – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos períodos dos dias no quadriênio 2007 – 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

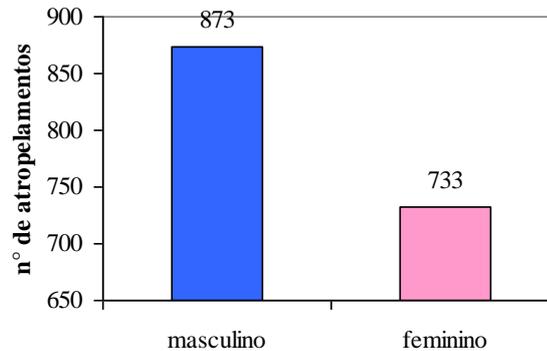
**Figura 6.8 – Faixas de horário dos atropelamentos no quadriênio 2007 – 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

O número de vítimas do sexo masculino na soma dos anos 2007 a 2010 foi de 873 (54% do total), enquanto que mulheres vítimas de atropelamentos foram 768 (46%), conforme se observa na Figura 6.9.

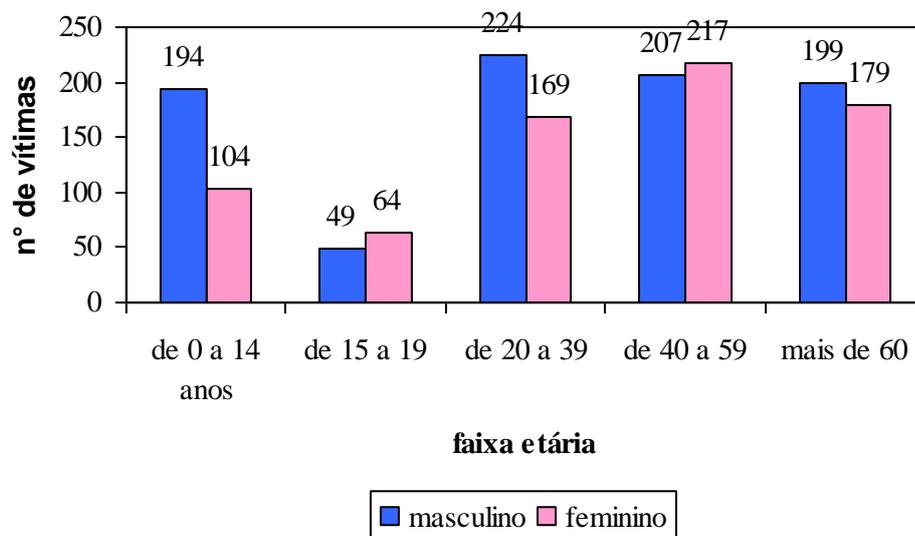
**Figura 6.9 – Número de vítimas por sexo no quadriênio 2007 - 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

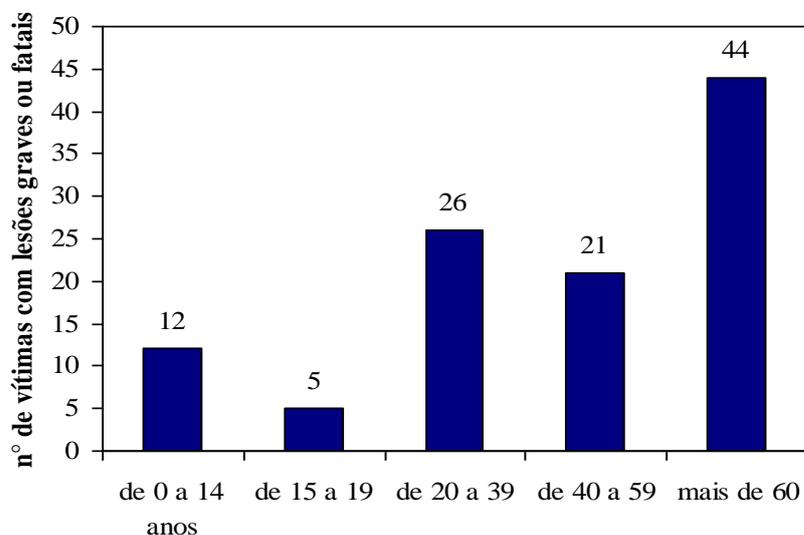
Verifica-se a faixa etária de 40 a 59 anos como aquela que mais se envolveu nos acidentes estudados (25,4%), uma porcentagem muito próxima à das pessoas entre 20 a 39 (23,5%), e da população com mais de 60 anos (23%). Esta última faixa de idade, porém, é representativa de apenas 13,7% da população rio-pretense, segundo o IBGE (2010), sendo ainda vítimas da maioria dos acidentes com lesões graves ou fatais (40,7%), números ilustrados nas Figuras 6.10 e 6.11.

**Figura 6.10 – Número de vítimas por sexo e faixa etária no quadriênio 2007 - 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

**Figura 6.11 – Número de vítimas com lesões graves ou fatais por faixa etária no quadriênio 2007 - 2010**



Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

### 6.1.2 Considerações sobre a localização

Dos 1.687 atropelamentos analisados, 863 deles, ou mais de 50%, aconteceram em 50 vias nominadas na Tabela 3, na qual constam as ocorrências, subdivididas no meio das quadras e em cruzamentos. Destaca-se a rua Bernardino de Campos (com 71 acidentes), seguida em números absolutos pelas avenidas Bady Bassitt (62) e Mirassolândia (60), e pelas ruas Prudente de Moraes (60) e Pedro Amaral (59). Nota-se também grande quantidade de atropelamentos no Terminal Rodoviário Urbano, Estação Rodoviária e proximidades, totalizando 30 acidentes no período analisado.

**Tabela 3 – Número de atropelamentos nas principais vias**

Rua	Meio	Cruzamentos	Total
BERNARDINO DE CAMPOS	24	47	71
BADY BASSITT	22	40	62
MIRASSOLANDIA	47	13	60
PRUDENTE DE MORAIS	16	44	60
PEDRO AMARAL	23	36	59
GLICERIO	12	36	48
ALBERTO ANDALO	19	28	47

PHILADELPHO GOUVEIA NETTO	13	27	40
SILVA JARDIM	8	28	36
VOLUNTARIOS DE SAO PAULO	9	27	36
CENOBELINO DE BARROS SERRA	19	14	33
DOMINGOS FALAVINA	25	8	33
FARIA LIMA	26	4	30
FORTUNATO ERNESTO VETORASSO	18	10	28
ANTONIO ANTUNES JUNIOR	13	13	26
DEODORO DA FONSECA	6	19	25
MONTE APRAZIVEL	12	10	22
DANILO GALEAZZI	14	7	21
POTIRENDABA	16	5	21
QUINZE DE NOVEMBRO	5	16	21
LINO JOSE DE SEIXAS	11	9	20
SALDANHA MARINHO	2	18	20
PINTO DE TOLEDO	4	15	19
INDEPENDENCIA	8	10	18
SIQUEIRA CAMPOS	6	12	18
SPINOLA DE CASTRO	5	12	17
JORGE TIBIRICA	5	11	16
ERNANI PIRES DOMINGUES	8	7	15
MURCHID HOMSI	6	9	15
OSWALDO ARANHA	7	8	15
PAUL S. HARRIS	11	4	15
TIRADENTES	3	12	15
JUSCELINO KUBITSCHEK DE OLIVEIRA	10	4	14
ALBERTO OLIVIERI	3	10	13
DA PAZ	11	2	13
DE MAIO	9	4	13
DOS ESTUDANTES	8	5	13
JOSE MUNIA	8	5	13
ARTHUR NONATO	6	6	12
PAULA	4	8	12
ALFREDO TEODORO DE OLIVEIRA	8	3	11
ANTONIO DE GODOY	2	9	11
ANTONIO MARCOS DE OLIVEIRA	4	7	11
JOAO MESQUITA	4	7	11
APARECIDA DO TABUADO	5	5	10
CONSTITUICAO	4	6	10
JOAO BERNARDINO DE SEIXAS RIBEIRO	5	5	10
ALFREDO ANTONIO DE OLIVEIRA	10	0	10
RUBIÃO JUNIOR	3	7	10
CRISTÓVÃO COLOMBO	6	3	9

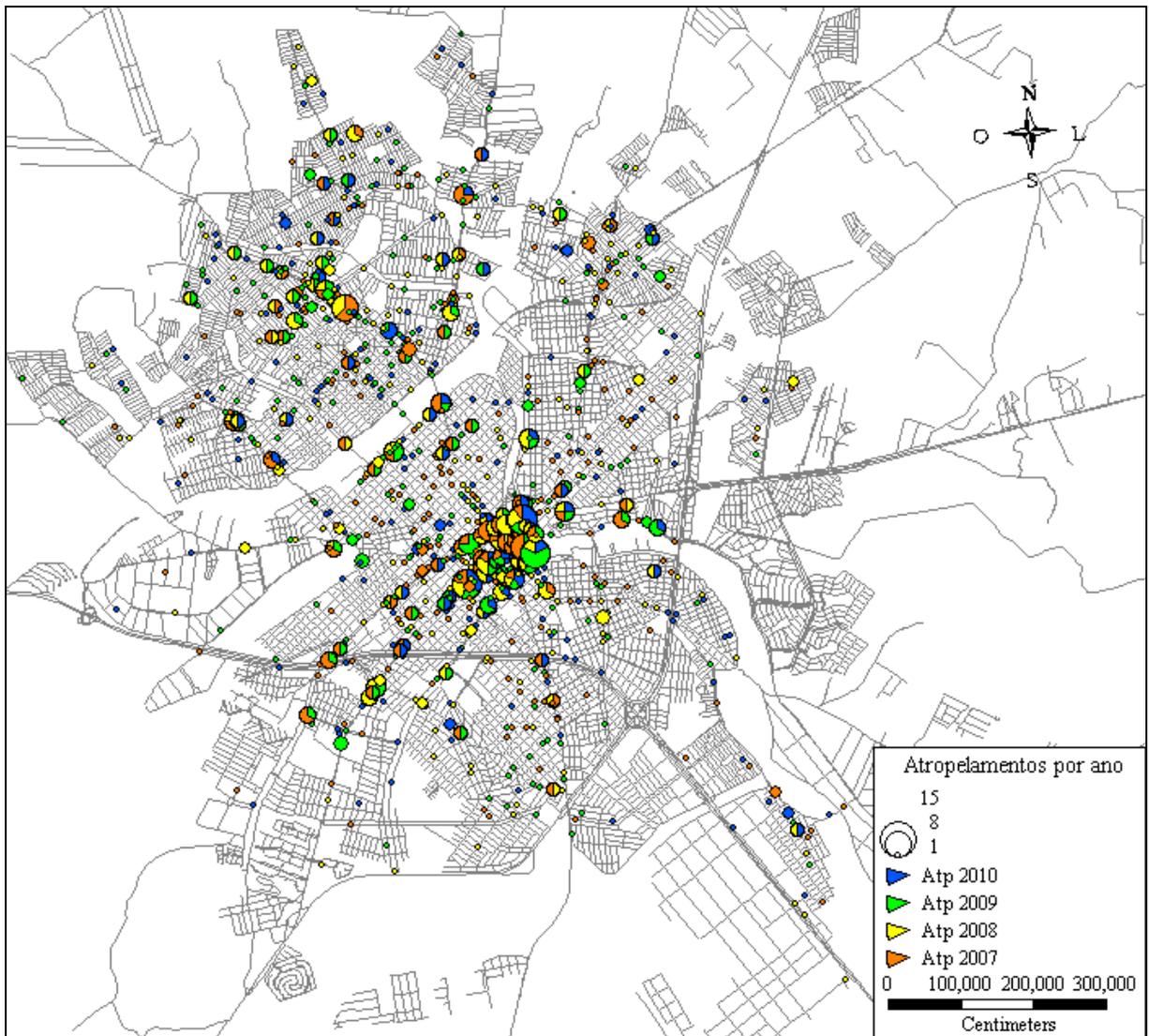
Fonte: Apatru – Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito

Do total dos atropelamentos (1.687), foi possível georreferenciar 1.300, como mostra a Figura 6.12. A diferença (387) não localizada deveu-se à falta do endereço, endereço incompleto ou de alguma outra referência nos registros. A análise visual da Figura mostra grande predominância de atropelamentos na região central da cidade e na área norte, além da concentração em algumas linhas das vias de grande fluxo que fazem a ligação do centro às outras regiões da cidade, funcionando como corredores de tráfego. Dentre essas vias, podem ser citadas as avenidas Domingos Falavina (33 atropelamentos), Faria Lima (30), Fortunato Ernesto Vetorasso (28), Danilo Galeazzi e Potirendaba (21).

Nas avenidas centrais da cidade, e em seus prolongamentos, ocorre também grande parte dos acidentes. Somando-se à avenida Bady Bassitt estão seu prolongamento, avenida Juscelino Kubitschek de Oliveira (14 acidentes), avenidas Alberto Andaló (47) e prolongamento da José Munia (13), e Murchid Homsí (15).

Às margens do Parque da Represa, área de grande concentração de pedestres, aconteceram 20 atropelamentos, na avenida Lino José de Seixas. Na continuação do rio Preto, na avenida Philadelpho Manoel Gouveia Netto, 40. Área recém-reurbanizada constitui agora o denominado Parque do Rio Preto, atrativo para um grande fluxo de pedestres, onde melhorias na segurança viária podem ser incrementadas na tentativa de diminuir a exposição de pessoas e ciclistas ao grande volume de tráfego urbano.

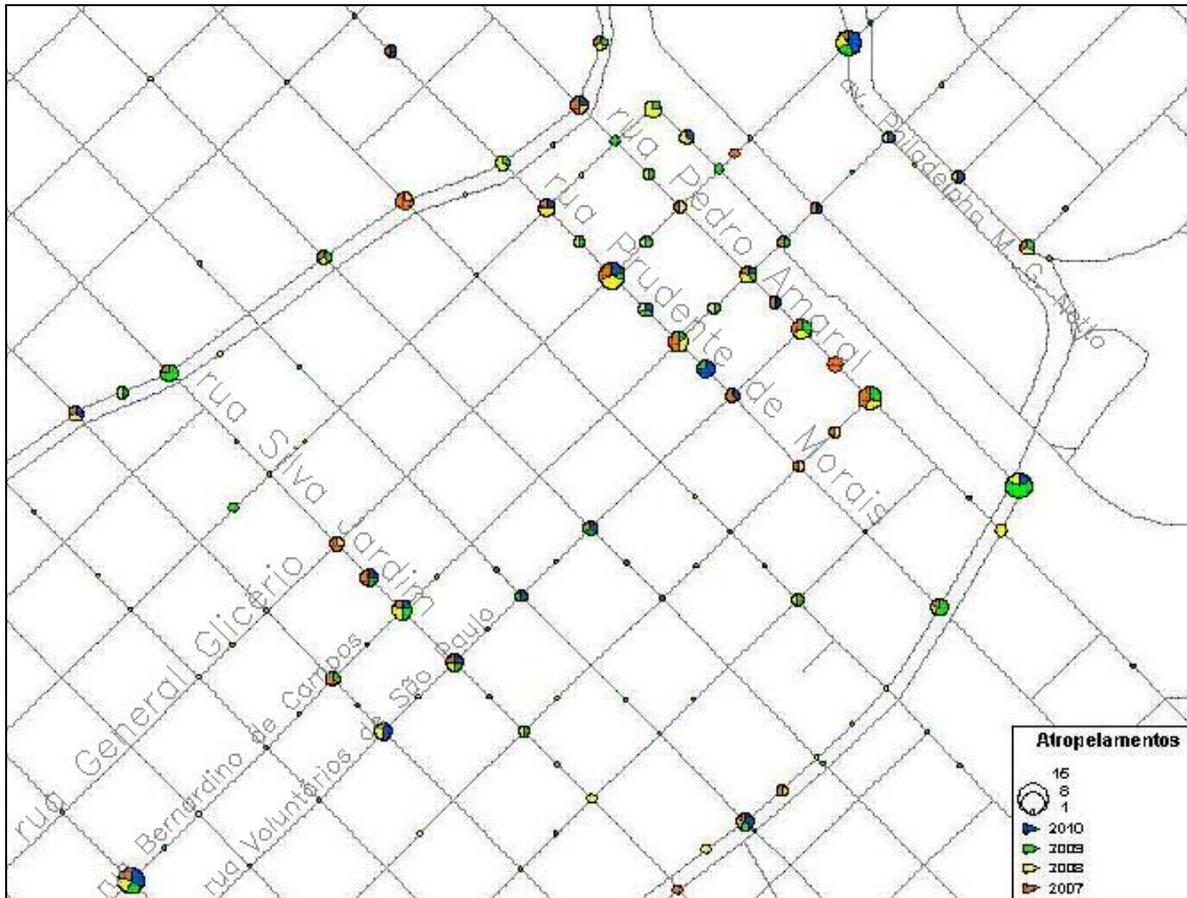
**Figura 6.12 – Localização dos atropelamentos**



Fonte: o autor

No centro comercial, representado na Figura 6.13, é onde ocorre grande parte dos atropelamentos. Nesta área, também atrativa para grande número de pedestres, além da presença do Calçadão comercial, há ainda o Terminal Rodoviário Urbano e a Estação Rodoviária, com grande fluxo de passageiros. Todas as ruas próximas, quer seja em meio de quadra quer seja em cruzamentos, possuem grande quantidade de acidentes, destacando-se, como pontos mais críticos, os cruzamentos da rua General Glicério com a rua Prudente de Moraes e com a avenida Philadelpho Manoel Gouveia Netto.

**Figura 6.13 – Acidentes na área central da cidade**



Fonte: o autor

## 6.2 São Carlos

### 6.2.1 Caracterização dos atropelamentos

A cidade de São Carlos está situada na região central do Estado de São Paulo, fazendo divisa com os municípios de Américo Brasiliense, Analândia, Araraquara, Brotas, Descalvado, Ibaté, Itirapina, Luís Antônio, Ribeirão Bonito, Rincão e Santa Lúcia. Sua população, em 2010, era de 221.936 habitantes (IBGE 2010). Em janeiro de 2012, estavam registrados no município 138.765 veículos (DENATRAN, 2012).

**Figura 6.14 – Base cartográfica da cidade de São Carlos**



Fonte: NESTTRAL-Núcleo de Estudos em Trânsito, Transportes e Logística/UFSCar

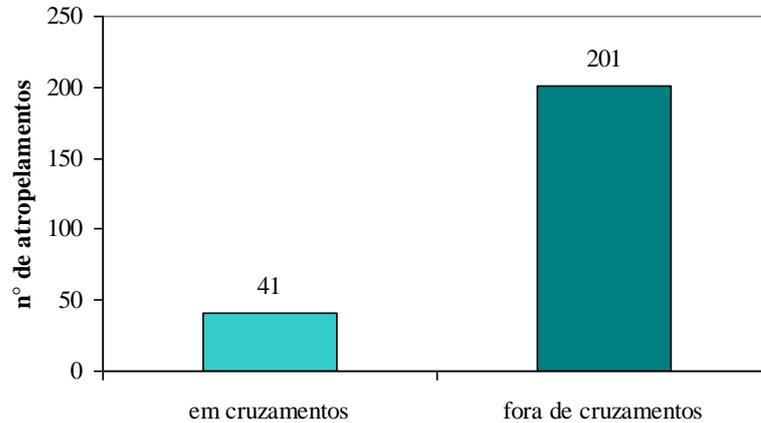
Dados da Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito (2011) mostram que, no ano de 2008, ocorreram 102 atropelamentos, vitimando cinco pedestres com lesões graves. Em 2009, houve 83 acidentes envolvendo pedestres, fazendo sete vítimas graves e uma fatal. O período analisado neste trabalho totaliza trinta meses, de janeiro de 2008 a junho de 2010, no qual foram registrados 243 acidentes com vítimas pedestres.

De acordo com estes registros, predominam, na cidade de São Carlos, acidentes ocorridos fora dos cruzamentos, conforme mostrado no gráfico da Figura 6.15. Cabe ressaltar que algumas caracterizações podem apresentar pequenas variações em relação ao total, por não constarem nos registros das ocorrências todos os elementos necessários para o preenchimento dos respectivos Boletins de Ocorrências.

Destes atropelamentos, a grande maioria foi causada por colisões com automóveis, mais que o dobro do que com motocicletas, como se pode constatar na Figura 6.16. Estes índices estão diferentes daqueles da cidade de São José do Rio Preto, onde as quantidades de

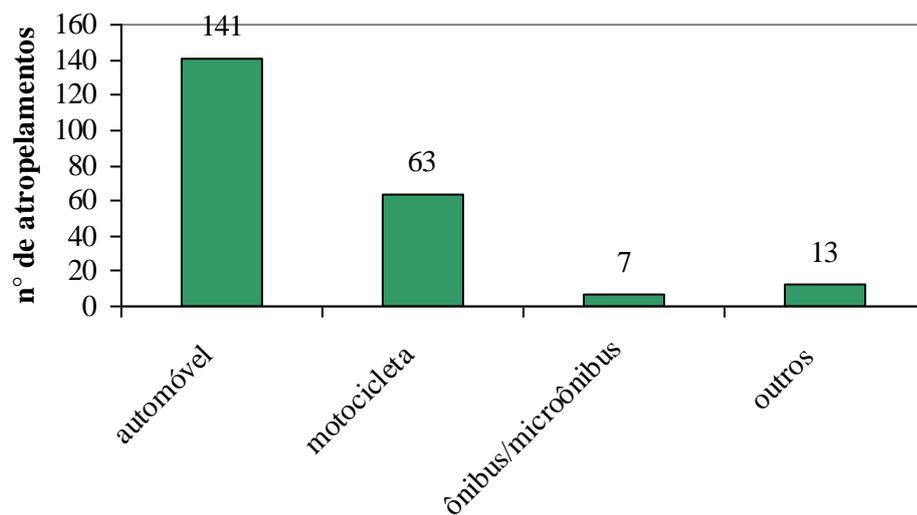
atropelamentos provocados por automóveis e motocicletas eram mais próximas, com ligeira predominância para as motos.

**Figura 6.15 – Números de atropelamentos em cruzamentos e fora de cruzamentos no período de janeiro de 2008 a junho de 2010**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

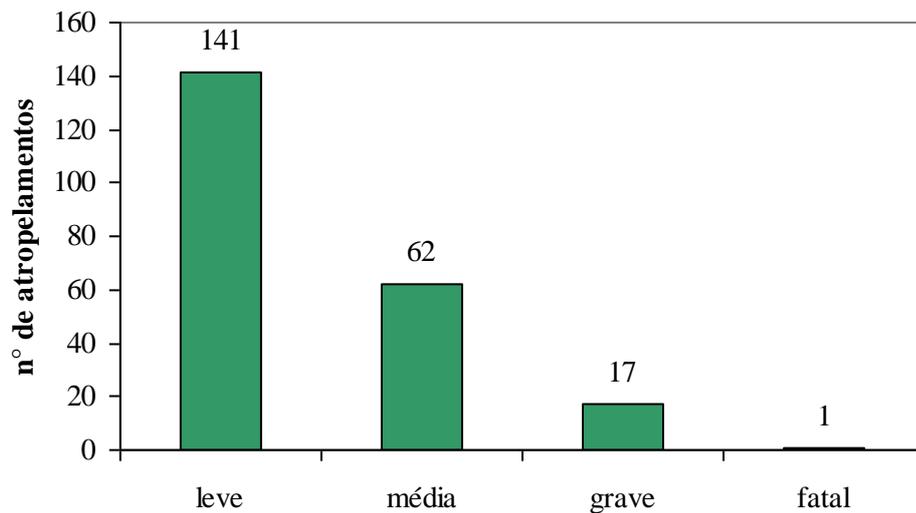
**Figura 6.16 – Número de atropelamentos em relação aos veículos envolvidos, de janeiro de 2008 a junho de 2010**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

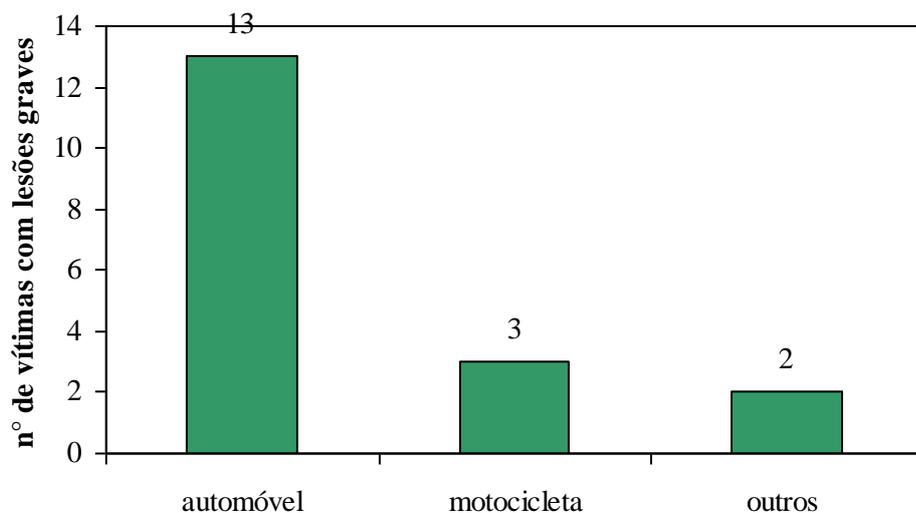
No período analisado, houve uma vítima fatal, e outras 17 com lesões graves. Nestes acidentes, com lesões graves ou fatais, predominaram também as ocorrências envolvendo automóveis, índices que são mostrados nas Figuras 6.17 e 6.18.

**Figura 6.17 – Número de atropelamentos e a gravidade das lesões provocadas no período**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

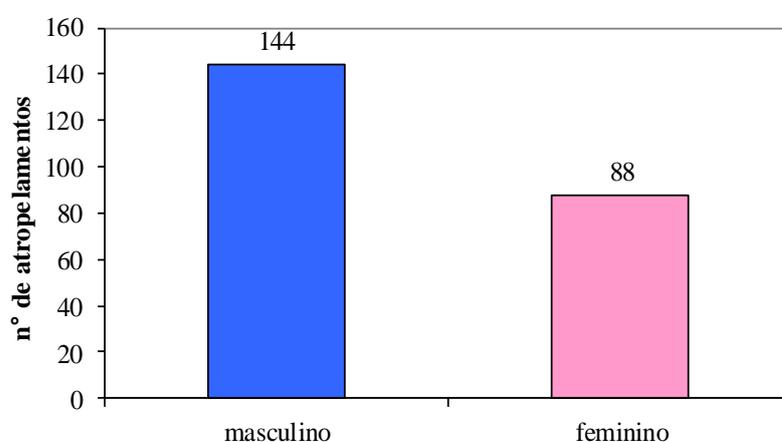
**Figura 6.18 – Número de vítimas com lesões graves em relação aos veículos envolvidos, de janeiro de 2008 a junho de 2010**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

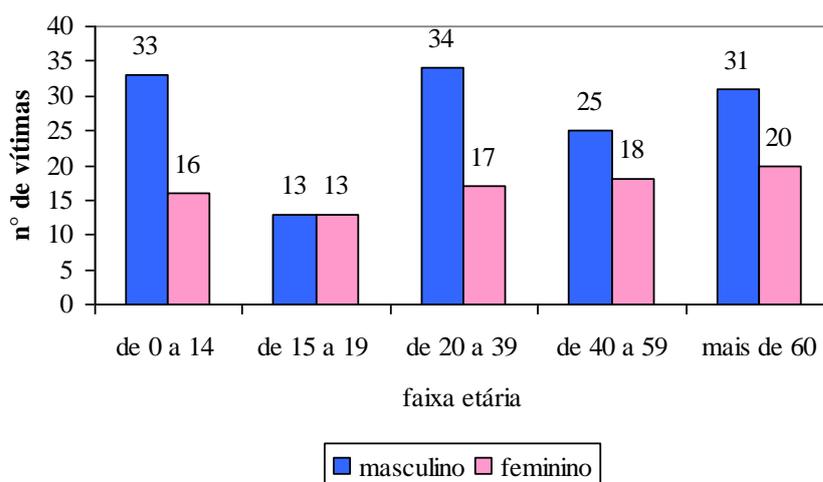
Dos dados de atropelamentos disponíveis, 144 envolveram vítimas do sexo masculino. A faixa etária com maior número de registros para os homens é de 20 a 39 anos, com 34 vítimas, mas crianças até 14 anos e pessoas com mais de 60 anos também estão envolvidas em grande parte dos atropelamentos. Estes números que estão ilustrados nas Figuras 6.19 e 6.20. Para o sexo feminino, os acidentes foram mais uniformemente distribuídos para cada faixa de idade, com leve predominância para mulheres com mais de 60 anos.

**Figura 6.19 – Número de vítimas por sexo no período**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

**Figura 6.20 – Número de vítimas por sexo e faixa etária no período**

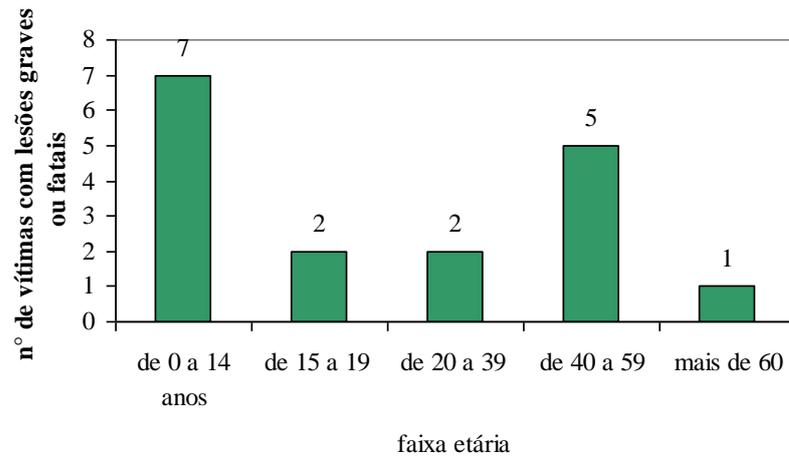


Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito

Do total de vítimas, de acordo com a idade, pessoas com mais de 60 anos, que correspondem a aproximadamente 13% da população são-carlense (IBGE, 2010), e entre 20 e

39 (cerca de 34% dos residentes no município) estão mais envolvidas em atropelamentos, com 51 ocorrências em cada faixa etária. Crianças até 14 anos (19% da população) apresentam maior severidade nas lesões, sendo sete vítimas com ferimentos graves ou fatais (Figura 6.21). O único óbito registrado no local do acidente ocorreu com vítima do sexo masculino, com idade entre 20 e 39 anos, em atropelamento envolvendo motocicleta.

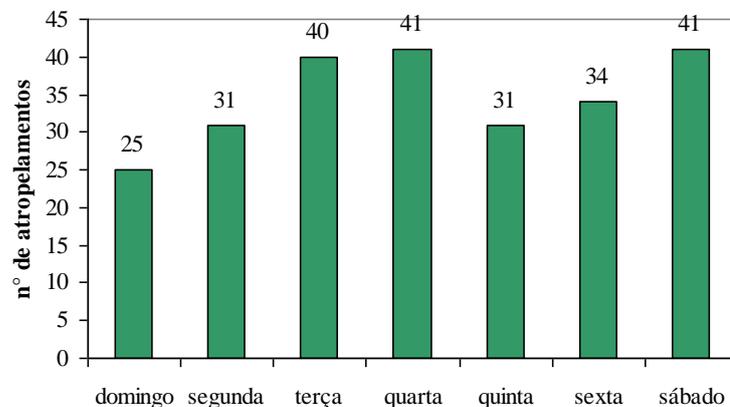
**Figura 6.21 – Número de vítimas com lesões graves ou fatais por faixa etária no período de 30 meses entre janeiro de 2010 e junho de 2012**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

Quanto ao dia da semana, verifica-se, pela Figura 6.22, que os atropelamentos estão distribuídos ao longo da semana, mas com certo destaque para as terças-feiras, quartas e sábados.

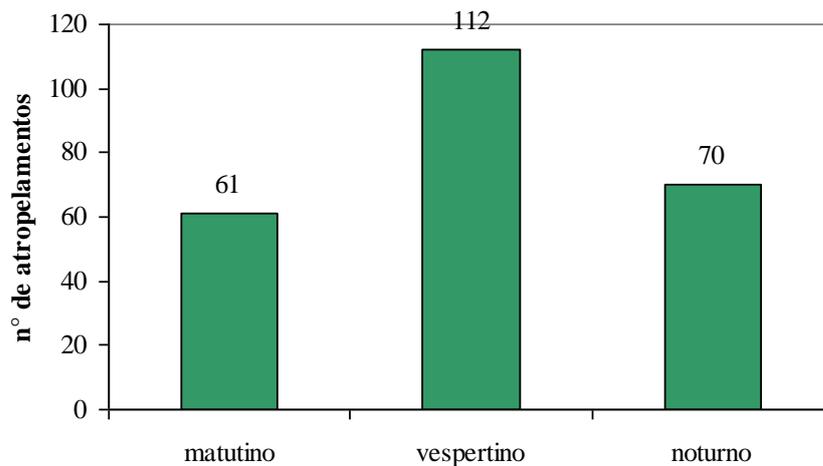
**Figura 6.22 – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos dias da semana no período**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

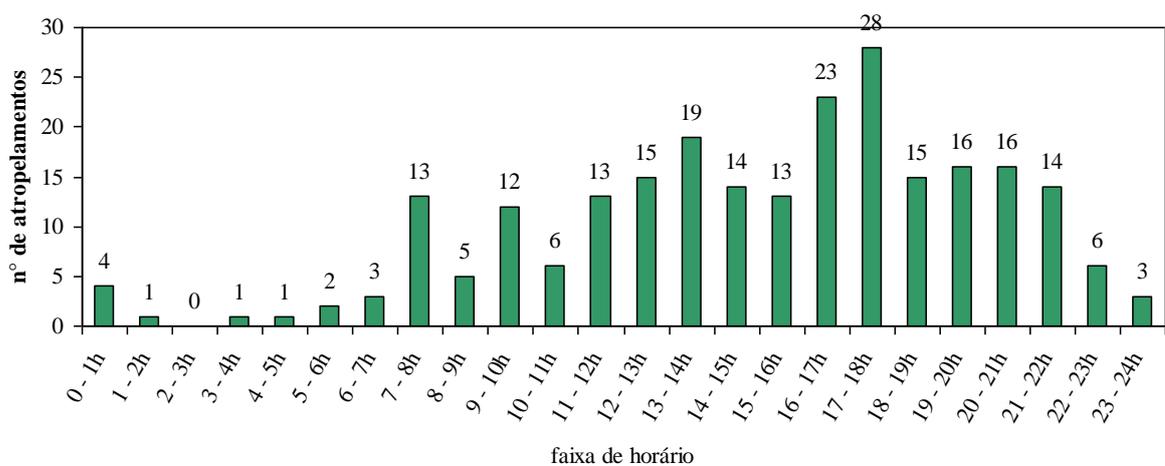
O período da tarde é o mais crítico para os atropelamentos, sobretudo devido às ocorrências entre 16 e 18 horas, mas com valores altos para os acidentes noturnos, números mostrados nas Figuras 6.23 e 6.24.

**Figura 6.23 – Número de acidentes envolvendo pedestres em relação aos períodos dos dias nos trinta meses analisados**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

**Figura 6.24 – Faixas de horário dos atropelamentos no período**



Fonte: Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito de São Carlos

## 6.2.2 Considerações sobre a localização

No período analisado, quase metade dos acidentes que envolveram pedestres ocorreu em 16 vias, nominadas na Tabela 4. Nela, também nota-se a maioria na rua Paulino Botelho de Abreu Sampaio, com 14 atropelamentos, e na avenida São Carlos, onde aconteceram 31. Nesta, também está a área mais crítica, entre as ruas Geminiano Costa e Jesuíno de Arruda, quadra central com intenso movimento de pedestres. Ao lado da Rodoviária, a rua São Joaquim, local de grande fluxo de passageiros e transeuntes, também aparece como ponto com número elevado de acidentes.

Quando se verifica a predominância dos atropelamentos nas quadras, nota-se o maior número no meio das quadras, cinco vezes maior que os atropelamentos em cruzamentos de vias.

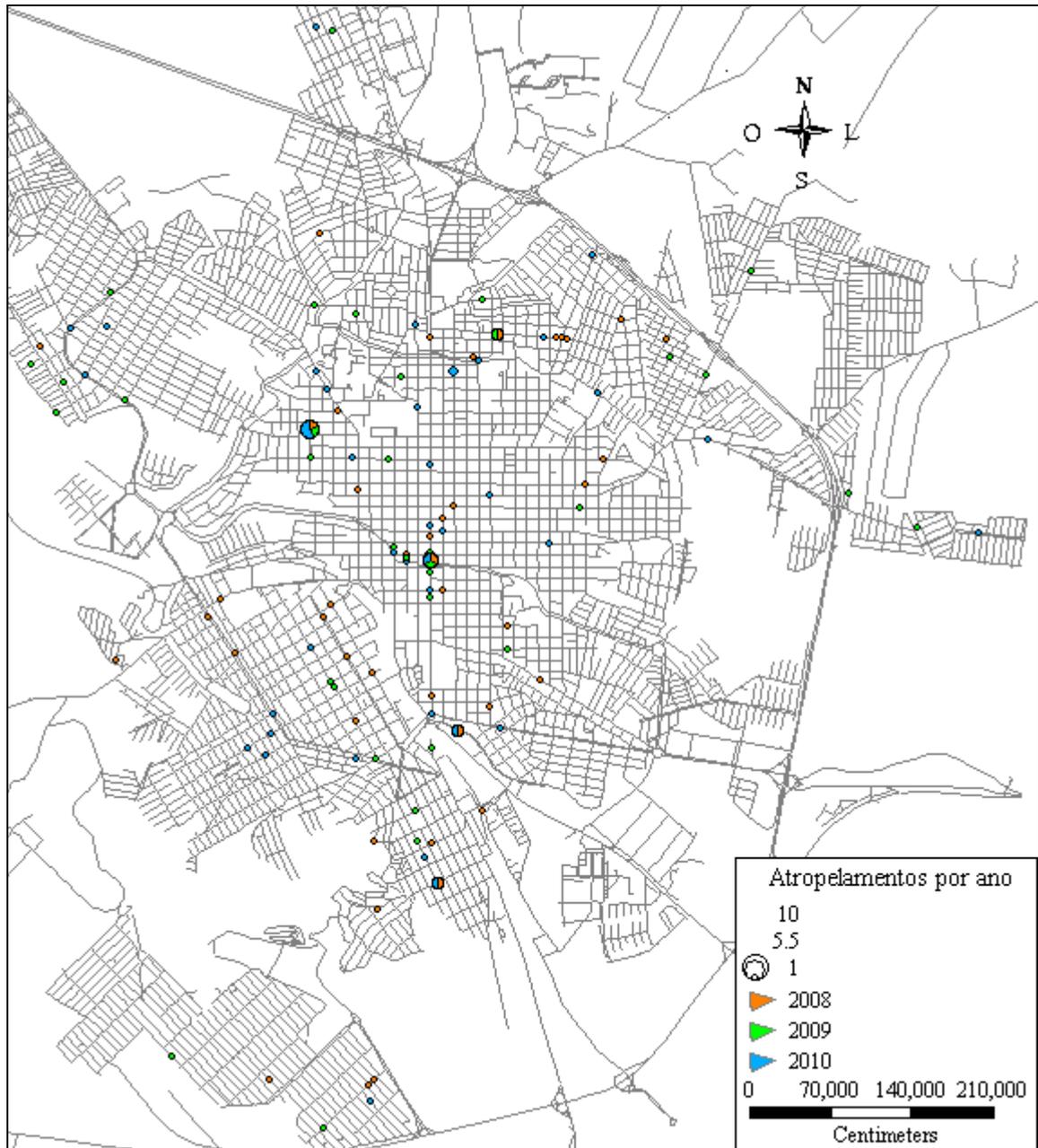
**Tabela 4 - Número de atropelamentos nas principais vias**

Via	Meio de quadra	Cruzamentos	Total
SÃO CARLOS	24	7	31
PAULINO BOTELHO A SAMPAIO	13	1	14
BRUNO RUGGIERO FILHO	7	2	9
ANTONIO BLANCO	6	1	7
ALEXANDRINA	2	4	6
ALFREDO MAFFEI	4	2	6
LUIZ BRANDÃO	5	1	6
GETÚLIO VARGAS	5	0	5
HENRIQUE GREGORI	3	2	5
REPÚBLICA DO LÍBANO	3	2	5
SALLUM	3	2	5
JESUÍNO DE ARRUDA	0	4	4
JÚLIO DE FARIA	2	2	4
PAULO VI	2	2	4
QUINZE DE NOVEMBRO	4	0	4
TRABALHADOR SÃO CARLENSE	2	2	4

Fonte: o autor

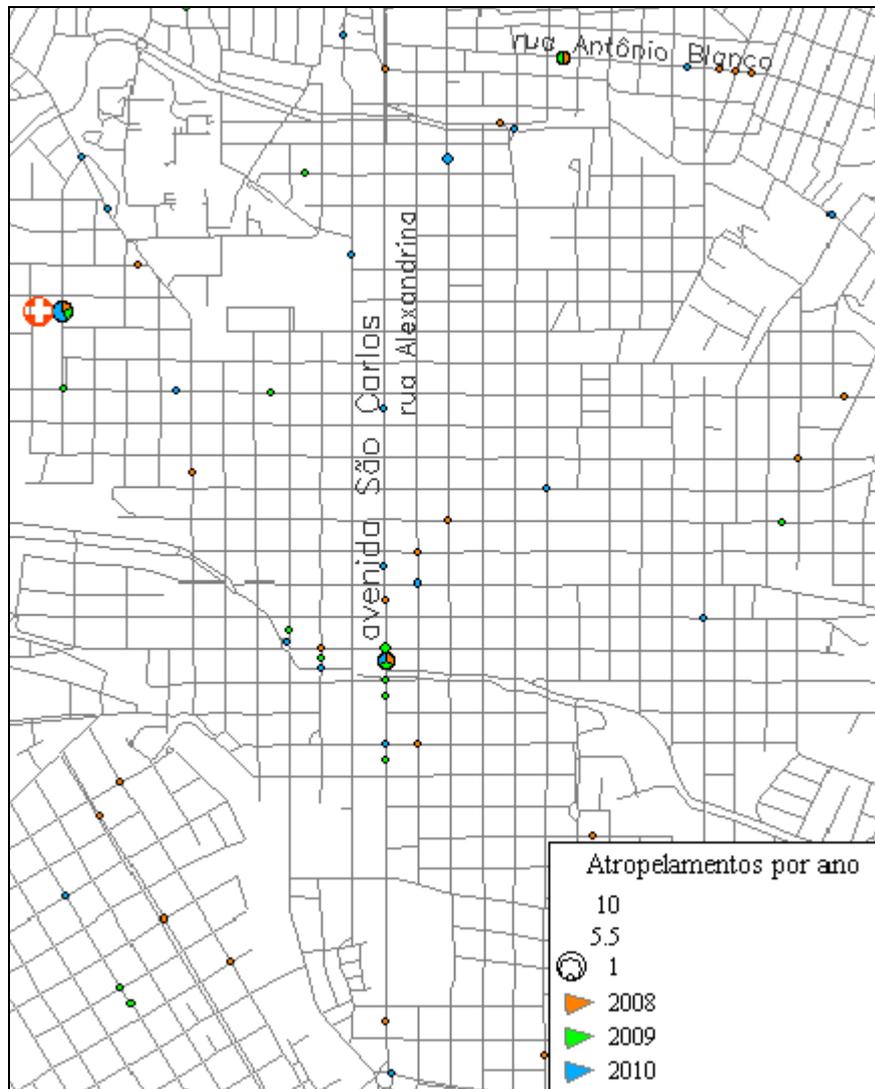
A Figura 6.25 mostra a espacialização de 134 atropelamentos, de um total de 243 ocorridos no período, distribuídos por toda a cidade. Verifica-se a predominância de ocorrências na Avenida São Carlos, em destaque na Figura 6.26, com uma concentração mais acentuada na área central comercial.

Figura 6.25 – Localização dos atropelamentos



Fonte: o autor

**Figura 6.26 – Localização dos atropelamentos na avenida São Carlos**



Fonte: o autor

O baixo índice de localização alcançado pelo processo de geoprocessamento pode ser mais bem evidenciado quando se observa a grande frequência de acidentes próximos à Santa Casa, local provável do registro, e não da localização exata dos atropelamentos.

## 7. ANÁLISE SINTÁTICO-ESPACIAL

---

### 7.1 São José do Rio Preto

A partir do mapa cartográfico da cidade, e com o uso do programa *Depthmap*, foi criada a representação linear da rede viária urbana do município de São José do Rio Preto, mostrada na Figura 7.1, com suas 3.921 linhas. A representação linear é o primeiro passo para a geração dos mapas axiais, nos quais podem ser analisadas as propriedades da conectividade e integrações global e local, a serem estudadas.

**Figura 7.1 – Mapa axial de São José do Rio Preto, em 2012**



Fonte: o autor

A conectividade representa as ligações de cada via com as demais vias da rede viária urbana. Uma linha com um grande número de conexões é mais acessível, com maior possibilidade e facilidade de ser alcançada, diretamente relacionada com a quantidade de movimento de veículos e pedestres.

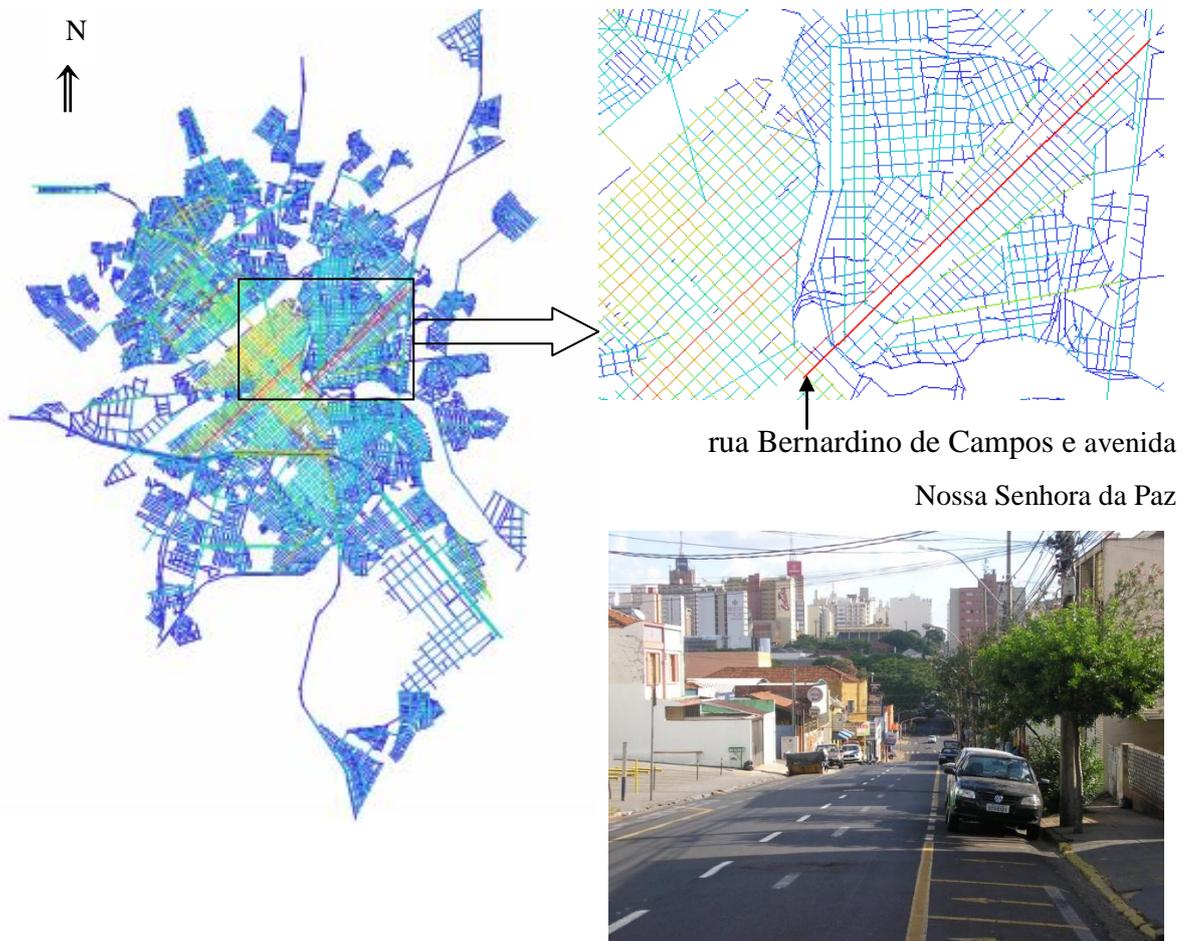
Segundo Pereira et al. (2011), diversos estudos envolvendo a Sintaxe Espacial têm corroborado a ideia de que a configuração urbana influencia nos padrões de movimentos,

apontando rotas potenciais, sendo que eixos longos e centrais tendem a ser mais integrados, e aqueles mais integrados tendem a ser mais atrativos, correspondendo a espaços com maior quantidade e diversidade de usos e fluxos.

Espaços com grande quantidade de movimento de veículos e pessoas atraem ainda mais atividades comerciais e de serviços, aumentando a circulação em determinados trechos e áreas, gerando um fluxo constante e crescente. Pedestres transitando em vias com grande conectividade e altos valores de integração são, em geral, mais expostos ao tráfego, possibilitando um risco maior de se envolverem em acidentes de trânsito.

O mapa da Figura 7.2, da conectividade das vias de São José do Rio Preto, apresenta as ruas e avenidas com o maior número de conexões representadas em vermelho, destacando-se a rua Bernardino de Campos e sua continuação dada pela Avenida Nossa Senhora da Paz, trecho com 48 conexões, a maior conectividade no sistema.

**Figura 7.2 – Mapa axial de conectividade de São José do Rio Preto, em 2012**



Fonte: o autor / Fotografia em Março de 2012

O mapa da integração global da Figura 7.3 mostra a área central da cidade como mais integrada, e as ruas que ligam o centro com bairros próximos apresentam altos valores de integração, sendo ocupadas principalmente por atividades comerciais e prestadoras de serviços.

**Figura 7.3 – Mapa axial de integração global, em 2012**



Fonte: o autor / Fotografia em Março de 2012

Em São José do Rio Preto, a rua Presciliano Pinto apresenta o trecho mais globalmente integrado do sistema, situado no bairro Boa Vista, o mais antigo da cidade. De acordo com a Lei de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo do município, essa rua possui classificação 2, predominante residencial, com presença controlada de atividades comerciais e de serviços, apesar de situar-se em uma área pertencente em sua maior parte à zona 8, de uso misto residencial, comercial e de serviços, destinada à expansão do atual centro comercial. Grande parte do bairro também é classificada como 4, de uso misto e com média densidade populacional.

Nesta mesma área destacam-se também as ruas Floriano Peixoto e a Avenida Constituição, com altos valores de integração global, pertencentes à zona 6, vias públicas de grande intensidade de tráfego, atraentes de atividades comerciais e de serviços, além das ruas Prudente de Moraes e Pedro Amaral, também classificadas como 6, que fazem a ligação da área central com a Zona Norte, a mais populosa da cidade.

Toda a área do centro urbano possui valores significativos para a integração global, com corredores comerciais e de serviços, como as ruas Voluntários de São Paulo, XV de Novembro e Antônio de Godoy, que fazem a ligação até o bairro Redentora, predominantemente usado para a prestação de serviços médicos, além da rua Bernardino de Campos e da Avenida Nossa Senhora da Paz, principais vias de acesso do centro urbano até a rodovia federal BR 153. Os valores sintáticos de algumas ruas centrais, com seus respectivos número de atropelamentos, estão apresentados na Tabela 5.

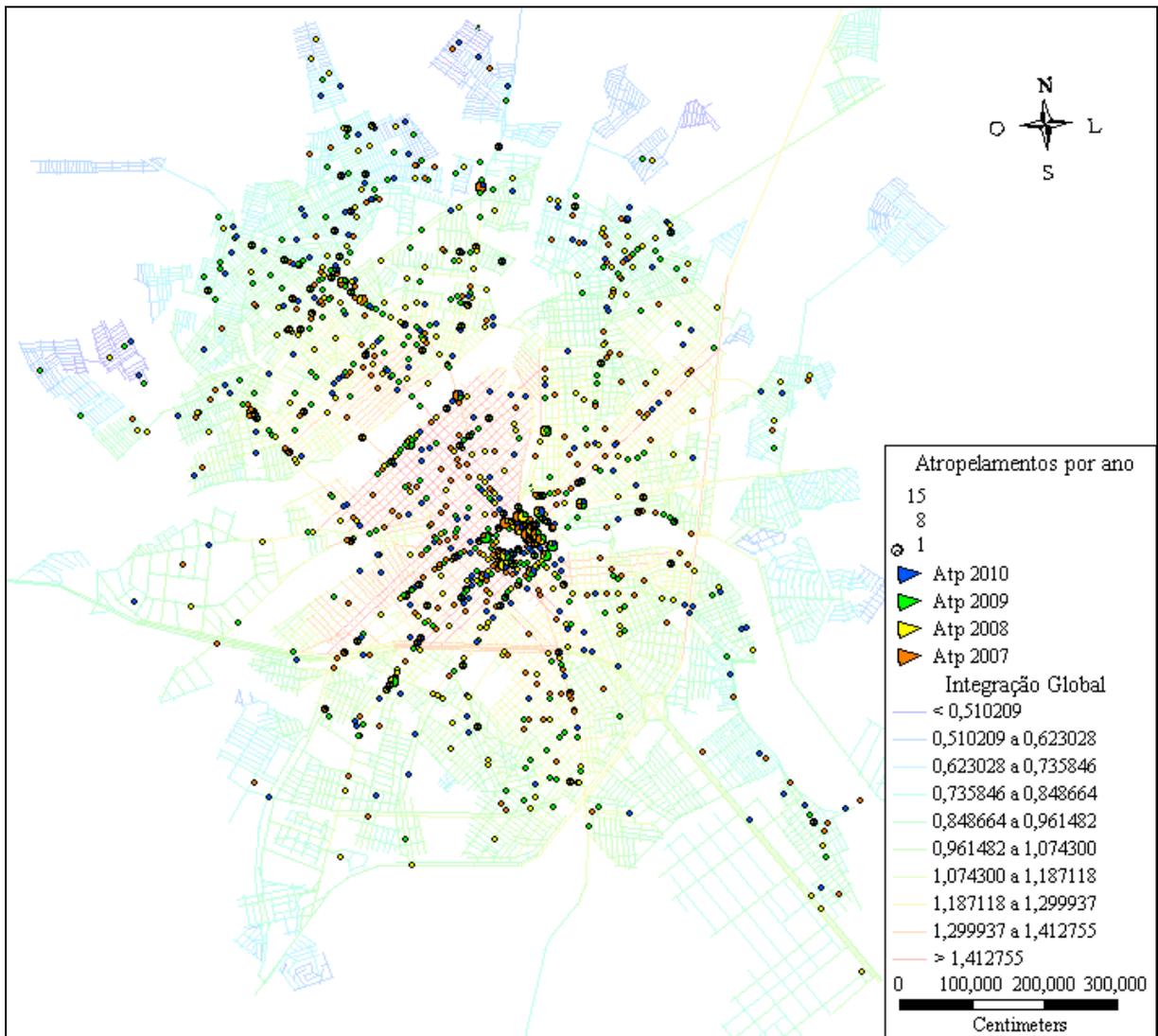
**Tabela 5 – Ruas centrais com respectivos valores sintáticos e número de atropelamentos**

Rua	Conectividade	Integração Global	Atropelamentos
PRUDENTE DE MORAIS	32	1,50	60
PEDRO AMARAL	32	1,50	59
SILVA JARDIM	36	1,43	36
VOLUNTARIOS DE SAO PAULO	21	1,42	36
DEODORO DA FONSECA	38	1,43	25
QUINZE DE NOVEMBRO	21	1,42	21
SALDANHA MARINHO	30	1,39	20
PINTO DE TOLEDO	29	1,42	19
INDEPENDENCIA	42	1,43	18
RUBIÃO JÚNIOR	35	1,40	10

Fonte: o autor

Para uma melhor análise visual, os mapas da Figura 6.12, com a localização dos atropelamentos no município e Figura 7.3, da integração global, estão sobrepostos na Figura 7.4. Segundo Zampieri (2012), a integração global é o grau de acessibilidade que uma dada via tem em relação a cada uma das outras existentes na área de estudo, como cidades, bairros e outros. Pode-se notar, na figura, a área central, em vermelho, como a mais acessível, área onde também se concentra a maior parte dos acidentes.

**Figura 7.4 – Localização dos atropelamentos sobre o mapa axial**



Fonte: o autor

Entretanto, observa-se também, em outras partes da cidade, menos acessíveis, grande concentração de atropelamentos, como na Zona Norte, a mais populosa da cidade. Do ponto de vista da análise sintático-espacial, esta verificação pode ser aprimorada levando-se em consideração a integração local que, para Zampieri (2012), é identificadora da relação de

acessibilidade num conjunto de linhas, considerando uma limitação de profundidade em um raio de abrangência topológico específico, podendo indicar “centros de bairro”, ou as linhas de maior movimento potencial em áreas circunscritas de deslocamento. Assim, neste trabalho, serão usados, além da conectividade, os conceitos das integrações global e local.

Na análise sintático-espacial, linhas devem ser traçadas de forma a cobrirem os espaços públicos abertos, as mais compridas possíveis. Algumas linhas podem ocupar ruas com denominações diferentes, somando-se os números de atropelamentos, como no exemplo da avenida Constituição e rua Floriano Peixoto, preenchidas por um único segmento. Neste caso, a linha axial formada foi a segunda mais integrada do sistema (1,52), com a ocorrência de 14 acidentes, número maior quando comparado em relação à rua Presciliano Pinto, a mais integrada (1,53), mas com apenas 5 acidentes. Tal fato pode ser explicado pelo uso do solo predominantemente comercial na avenida Constituição, e pela restrição no uso e ocupação imposta pela Lei de Zoneamento à rua Presciliano Pinto.

Por outro lado, ruas e avenidas podem ser preenchidas por mais de um segmento de linha, como em casos de vias em fundos de vales como as avenidas Bady Bassitt e Alberto Andaló, cada uma composta por três segmentos em toda a sua extensão. Para cada segmento foi encontrado o número de atropelamentos, e a soma totaliza os acidentes georreferenciados na via, conforme mostrado na tabela 6, na qual são demonstrados os valores sintáticos para cada parte.

**Tabela 6 – Segmentos da avenida Bady Bassitt e Alberto Andaló**

Avenida Bady Bassitt

	Conectividade	Integração Global	Atropelamentos
Segmento de linha 1	15	1,44	37
Segmento de linha 2	19	1,28	14
Segmento de linha 3	13	1,23	6

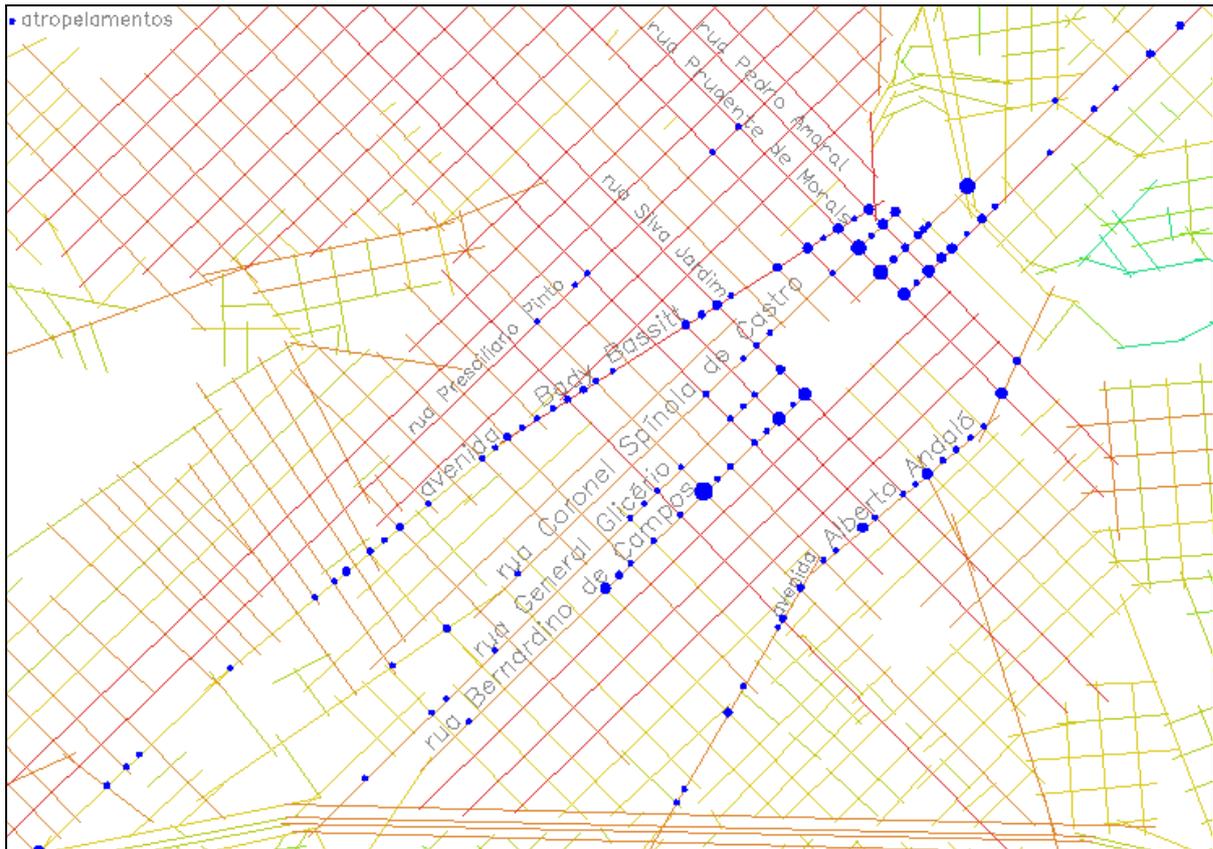
Avenida Alberto Andaló

	Conectividade	Integração Global	Atropelamentos
Segmento de linha 1	7	1,31	9
Segmento de linha 2	10	1,33	25
Segmento de linha 3	20	1,32	14

Fonte: o autor

Outras ruas do centro urbano, mostrado na Figura 7.5, formadas por mais de um segmento, muito integradas, e com quantidade elevada de acidentes envolvendo pedestres, são as ruas Coronel Spínola de Castro, onde ocorreram 14 atropelamentos, General Glicério, com 48, e Bernardino de Campos, altamente conectada, com 71 em toda sua extensão.

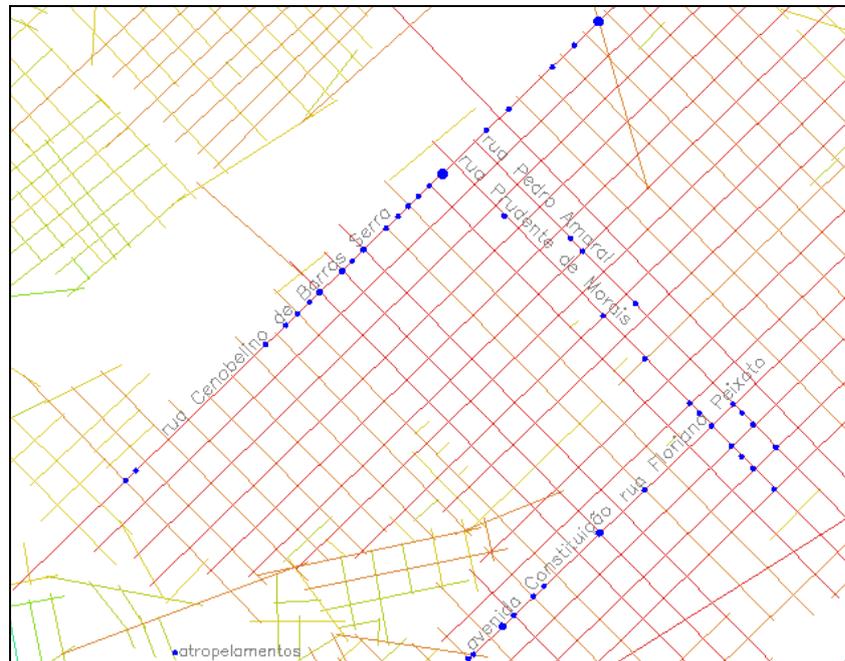
**Figura 7.5 – Integração global na área central, em 2012**



Fonte: o autor

Outra parte da cidade, próxima ao centro, e onde se situam os bairros Boa Vista e Parque Industrial, apresenta ruas com grande conectividade e integração global. Considerando-se o número de atropelamentos, são destacadas, na Figura 7.6, as ruas Prudente de Moraes, Pedro Amaral e Silva Jardim, além da rua Cenobelino de Barros Serra, importante via que serve de acesso à área norte, com a ocupação do solo praticamente comercial ou por prestadores de serviços variados, e com tráfego de veículos nos dois sentidos, onde ocorreram 33 atropelamentos nos quatro anos analisados.

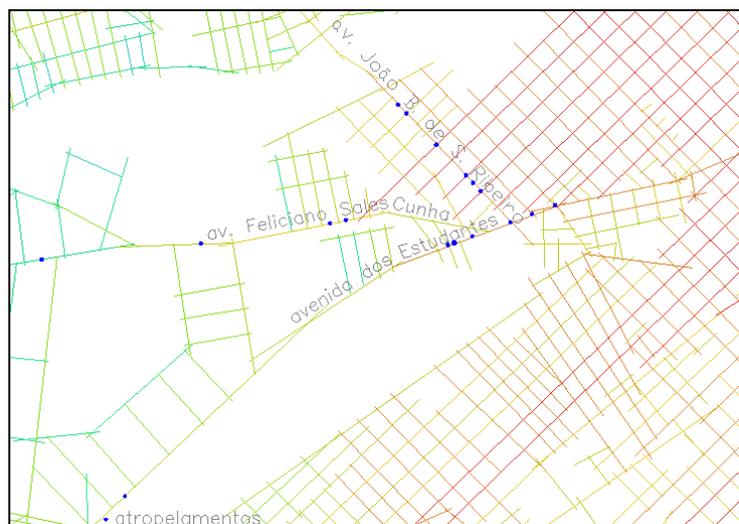
**Figura 7.6 – Integração global nos bairros Boa Vista/Parque Industrial, em 2012**



Fonte: o autor

Na Zona Oeste, as avenidas Feliciano Sales Cunha, João Bernardino de Seixas Ribeiro, e dos Estudantes, representadas na Figura 7.7, oferecem os maiores riscos aos pedestres, sendo ocupadas por atividades comerciais e educacionais, além de darem acesso à área industrial e ao aeroporto da cidade.

**Figura 7.7 – Integração global na Zona Oeste, em 2012**



Fonte: o autor

Para o período analisado, as três avenidas colaboraram para a ocorrência de 32 atropelamentos. Na avenida dos Estudantes ocorreu a maior parte destes acidentes, 13, e em apenas um segmento, bastante integrado, aconteceu a maioria, 9.

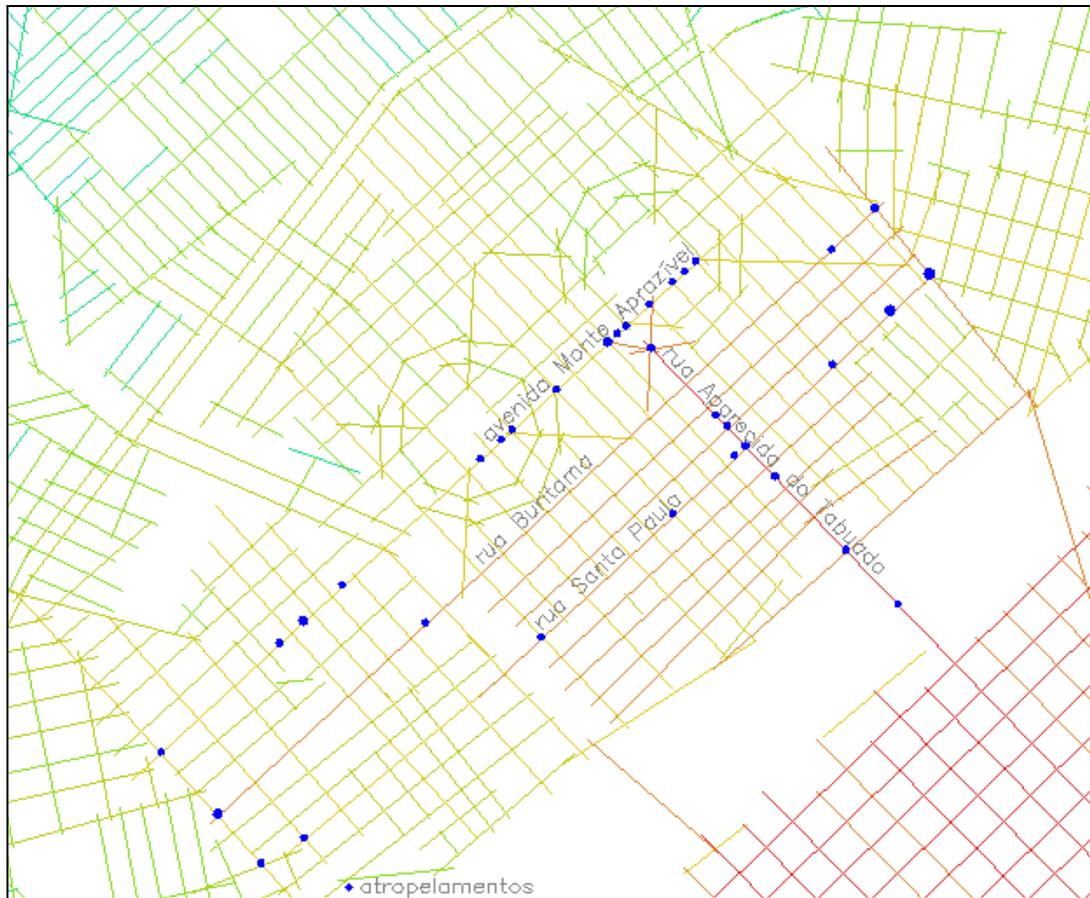
Quando é feita a análise dos acidentes na Zona Norte da cidade, a mais populosa, observa-se para o bairro Eldorado, representado na Figura 7.8, a área com acesso mais imediato ao centro urbano como a mais integrada, com o maior número de acidentes na avenida Monte Aprazível, que possui 1,27 como seu valor de integração global e grande número de conexões, 46. Estes valores de conectividade e integração global estão ligados com maior fluxo de pessoas e veículos, e com o uso comercial do solo na via, na qual ocorreram 22 atropelamentos no período de 2007 a 2010.

Linha mais integrada no bairro (1,47) e com grande número de conexões (30), a rua Aparecida do Tabuado é unida à rua João Mesquita, ligando o bairro diretamente ao centro, em um único segmento na análise sintática, no qual houve 22 acidentes com pedestres. Em toda esta área, excetuando-se as avenidas que a contornam, as ruas Santa Paula, Aparecida do Tabuado e avenida Monte Aprazível possuem a maioria absoluta dos acidentes. Entretanto, ruas com índices sintáticos de integração e conectividade relativamente altos, como a rua Buritama, possuem baixos números de acidentes, por serem ainda vias com características predominantemente residenciais.

Ainda analisando-se a área norte do município, verifica-se no bairro Solo Sagrado grande concentração de atropelamentos, na rua José Joaquim Gonçalves, com baixo valor de integração global, mas com 9 pedestres vítimas de acidentes. Rua com uso do solo predominantemente residencial, com baixa ocupação comercial, próxima à avenida Alfredo Teodoro de Oliveira, que dá acesso ao bairro, possui em seus entornos escolas de ensino infantil e básico e serve como rota de ônibus coletivos. Apesar do pequeno valor de integração global, quando se analisa a integração local raio-6, conforme a Figura 7.9, constata-se sua importância para esta localidade.

A integração local utilizada representa a medição, neste caso, de rotas raio-6 de qualquer linha para aquelas linhas que estão a seis passos de distância que, segundo Nogueira (2004), mede a importância localizada de um espaço para acesso a uma área específica de uma estrutura urbana, como os bairros, demonstrando as vias mais utilizadas no âmbito local.

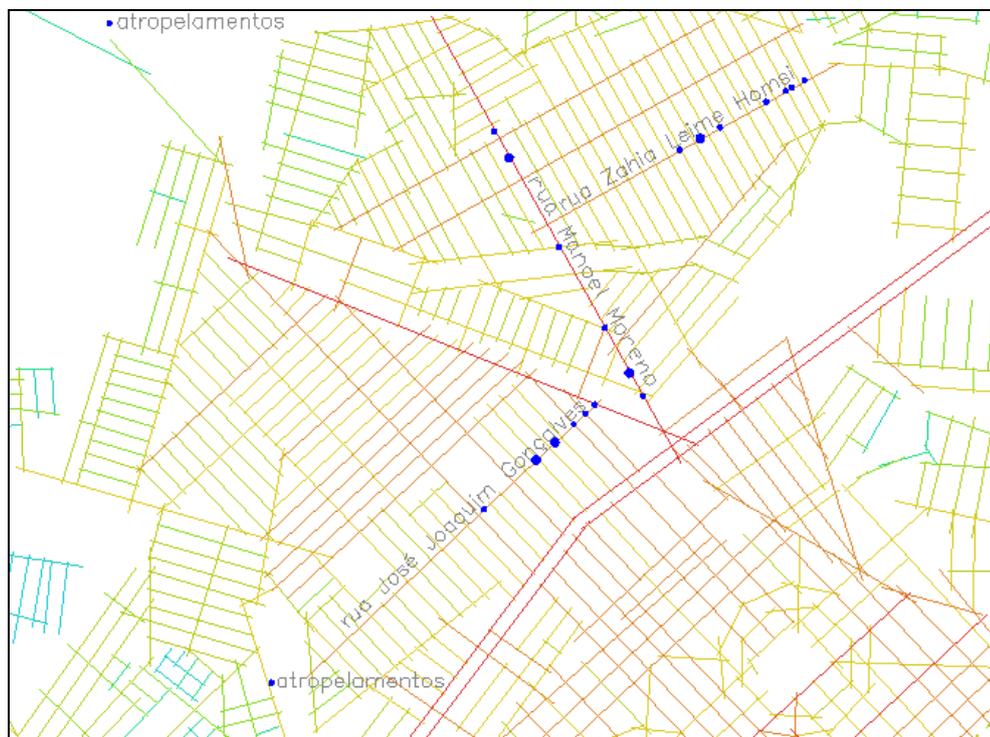
**Figura 7.8 – Integração global no bairro Eldorado, em 2012**



Fonte: o autor

Rua com maior valor para a integração local, 2,40, no Jardim Maria Lúcia, a Manoel Moreno, importante via para o trânsito local, é predominantemente residencial, mas com concentração de atividades comerciais e de prestação de serviços, características semelhantes à rua Zahia Leime Homsí, ambas com nove atropelamentos, também visualizadas na figura 7.9.

**Figura 7.9 – Integração local nos bairros Solo Sagrado e Maria Lúcia, em 2012**



Fonte: o autor

Em relação às avenidas que levam à Zona Norte, há uma grande acidentalidade. Vias com intenso tráfego de veículos, com mais de uma pista e limitadas às maiores velocidades, com uso e ocupação comercial do solo e valores altos para a integração local raio-6 e conectividade, somam a maioria absoluta dos acidentes que envolvem pedestres. Desta forma, são destacadas na área e em seus acessos as vias mostradas na Tabela 7 e na Figura 7.10.

**Tabela 7 – Vias da Zona Norte com mais atropelamentos**

Avenida	Atropelamentos
MIRASSOLÂNDIA	60
DOMINGOS FALAVINA	33
FORTUNATO ERNESTO VETORASSO	28
ANTONIO ANTUNES JUNIOR	26
ERNANI PIRES DOMINGUES	15
ALBERTO OLIVIERI	13
ALFREDO TEODORO DE OLIVEIRA	11

Fonte: o autor



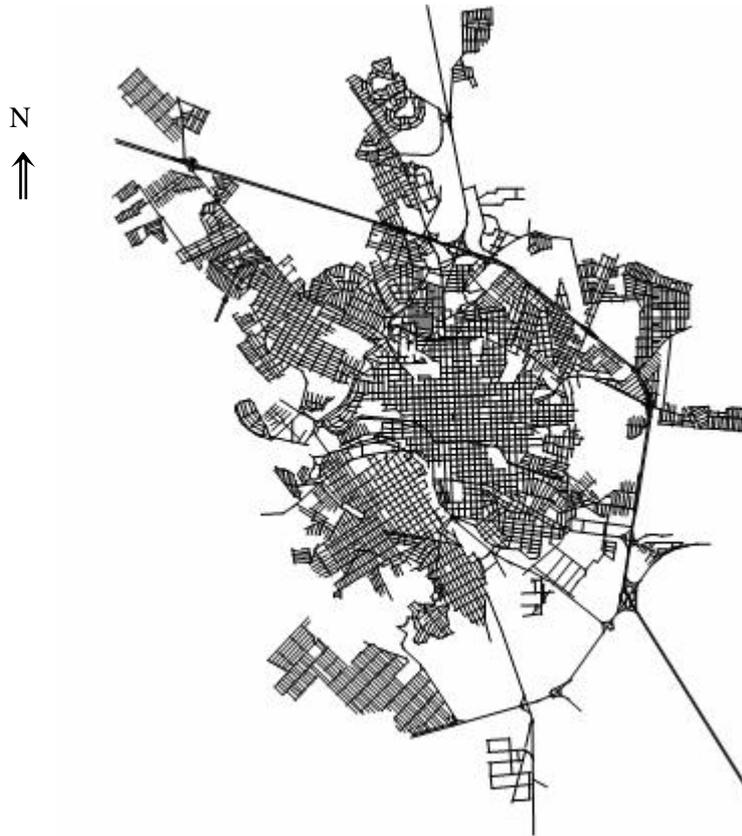




## 7.2 São Carlos

O mapa axial construído para a cidade de São Carlos é formado por 3.096 linhas, dispostas na Figura 7.13.

**Figura 7.13 – Mapa axial de São Carlos, em 2012**



Fonte: o autor

A construção do mapa com as linhas axiais possibilita a geração dos mapas de conectividade e integração. Nos mapas axiais da cidade de São Carlos, observados na Figura 7.14, a via mais conectada e mais integrada ao sistema, mais acessível e facilmente alcançada, é a avenida São Carlos, com 39 conexões e 1,18 para o valor de integração global.

**Figura 7.14 – Mapas da conectividade e integração global, em 2012**

Mapa da conectividade



Avenida São Carlos: a mais conectada e integrada do sistema

Mapa da integração global

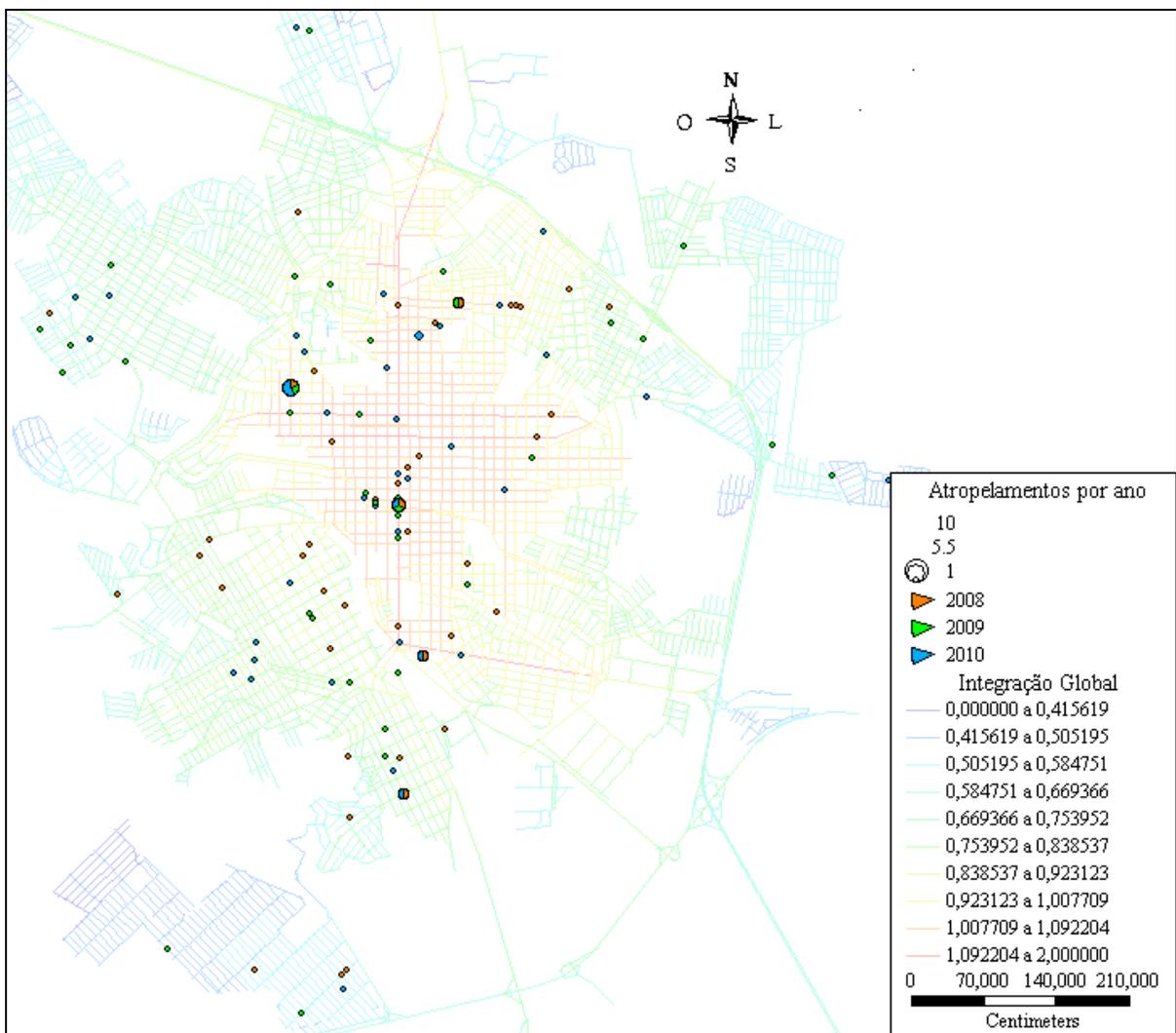


Fonte: o autor/Fotografia em Novembro de 2012

Da mesma forma como fora feito para São José do Rio Preto, os mapas da localização dos atropelamentos e da integração global foram sobrepostos, resultando na Figura 7.15.

A localização espacial dos 134 acidentes do tipo atropelamento mostra uma distribuição desconcentrada por toda a cidade; eles estão presentes também nas regiões menos acessíveis, nas cores azul e verde.

**Figura 7.15 – Localização espacial dos atropelamentos sobre o mapa axial**



Fonte: o autor

Constata-se, porém, uma pequena concentração dos acidentes no centro da cidade, área em vermelho, mais acessível, local das principais atividades comerciais e de prestação de

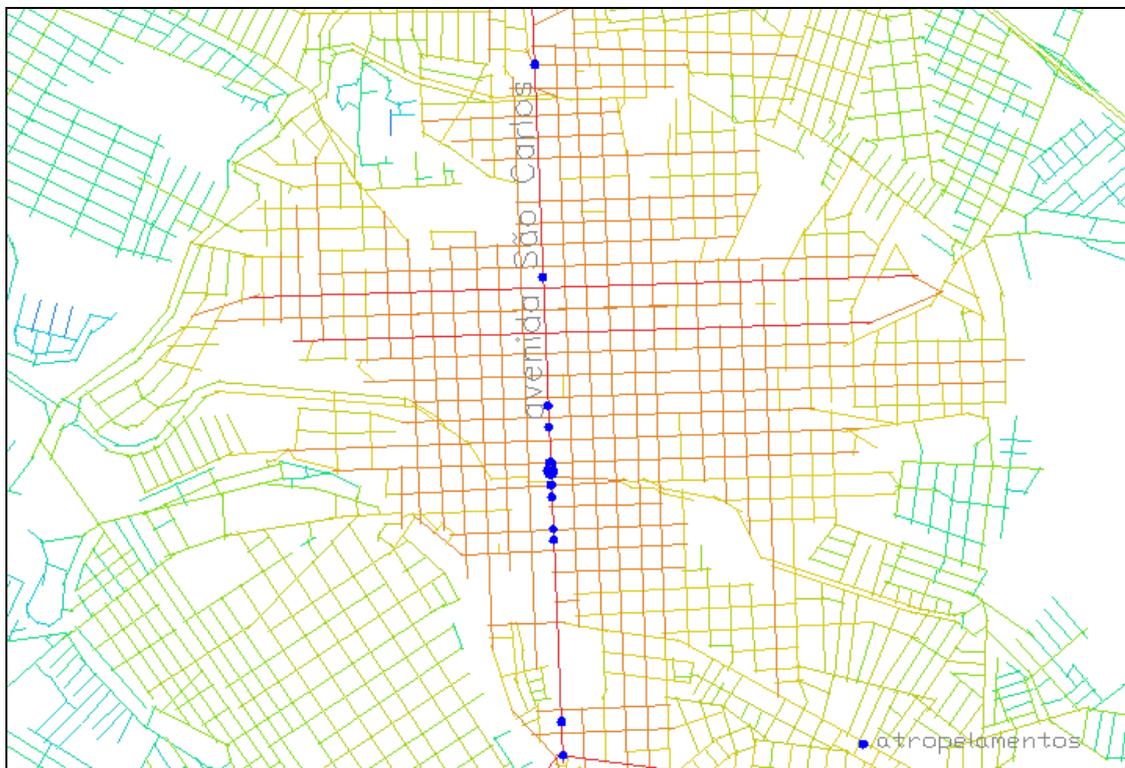
todos os tipos de serviços. As vias mais globalmente integradas do sistema e seus valores estão na Tabela 8, que apresenta, também, o número de conexões e atropelamentos. Todas estas vias estão localizadas na área central, conectadas à avenida São Carlos, ou próximas a ela, destacadas na Figura 7.16.

**Tabela 8 – Vias mais globalmente integradas**

Via	Conectividade	Integração Global	Atropelamentos
SÃO CARLOS	39	1,18	31
XV DE NOVEMBRO	33	1,11	4
PADRE TEIXEIRA	28	1,11	1
LEOPOLDO PRADO	4	1,10	2
GETÚLIO VARGAS	23	1,10	5
LUIZ A. DE OLIVEIRA	18	1,10	0
GARDÊNIAS	6	1,10	1
JESUÍNO DE ARRUDA	27	1,09	4
SETE DE SETEMBRO	31	1,09	2
JOSÉ INÁCIO	29	1,09	2

Fonte: o autor

**Figura 7.16 – Avenida São Carlos, em 2012**



Fonte: o autor

De acordo com a lei 13.591/05, que instituiu o Plano Diretor de São Carlos, estas vias pertencem à zona de ocupação induzida – Zona 1, que apresenta como características áreas com o uso misto na ocupação do solo, predominância de comércio e serviços, em detrimento do uso habitacional no centro urbano, onde há mais concentração de população com maior poder aquisitivo e grande número de idosos.

Quando se leva em consideração as ruas e avenidas com maior acidentalidade envolvendo os pedestres, destacam-se, além da São Carlos, outras avenidas, como, por exemplo, a Bruno Ruggiero Filho, com 9 atropelamentos no período de 30 meses, e a Alfredo Maffei e Getúlio Vargas, com 5, cada uma.

A avenida Bruno Ruggiero Filho, destacada na Figura 7.17, que mostra a localização dos atropelamentos ocorridos em sua extensão, situa-se a oeste da cidade, no Bairro Santa Felícia. Ela é composta por nove linhas axiais, com pequenos valores para a integração global, mesmo para a integração local limitada a maiores raios. Importante via para o bairro, possui ocupação mista do solo, com a atividade comercial preponderante.

**Figura 7.17 – Integração local para o bairro Santa Felícia, em 2012**

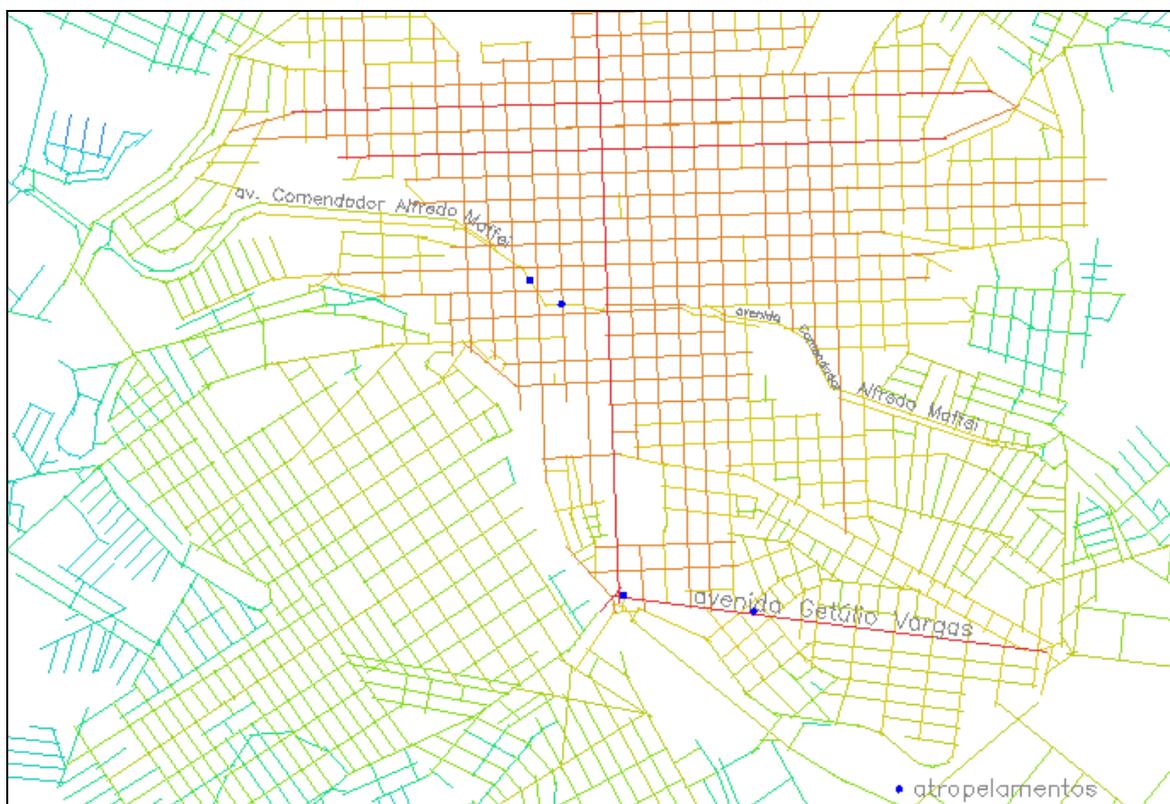


Fonte: o autor

Com faixas de tráfego separadas por canteiro central, apesar de ter velocidade regulamentada de 60 km/h, possibilita o desenvolvimento de maiores velocidades pelos automóveis, o que contribui para a alta taxa de acidentes, apesar de apresentar baixos valores nos índices sintáticos, devido ao seu traçado curvilíneo, formado por vários segmentos de pequenas dimensões e com poucas conexões.

A avenida Bruno Ruggiero Filho é um dos acessos da área oeste da cidade à avenida Alfredo Maffei, que cruza o centro no sentido leste-oeste. Nesta via de fundo de vale, formada por vários segmentos, que se tornam mais integrados quanto mais próximos ao centro urbano, o que pode ser observado na Figura 7.18, os acidentes georreferenciados aconteceram justamente na área central, onde se concentram atividades comerciais e de serviços. Nesta mesma Figura está apresentada a avenida Getúlio Vargas, também com uso de solo misto, que leva do centro à parte mais ao leste. É formada, na análise sintático-espacial, por dois trechos, sendo o segmento que parte se conecta à avenida São Carlos aquele mais integrado, onde ocorreram pelo menos dois dos cinco atropelamentos nos 30 meses analisados.

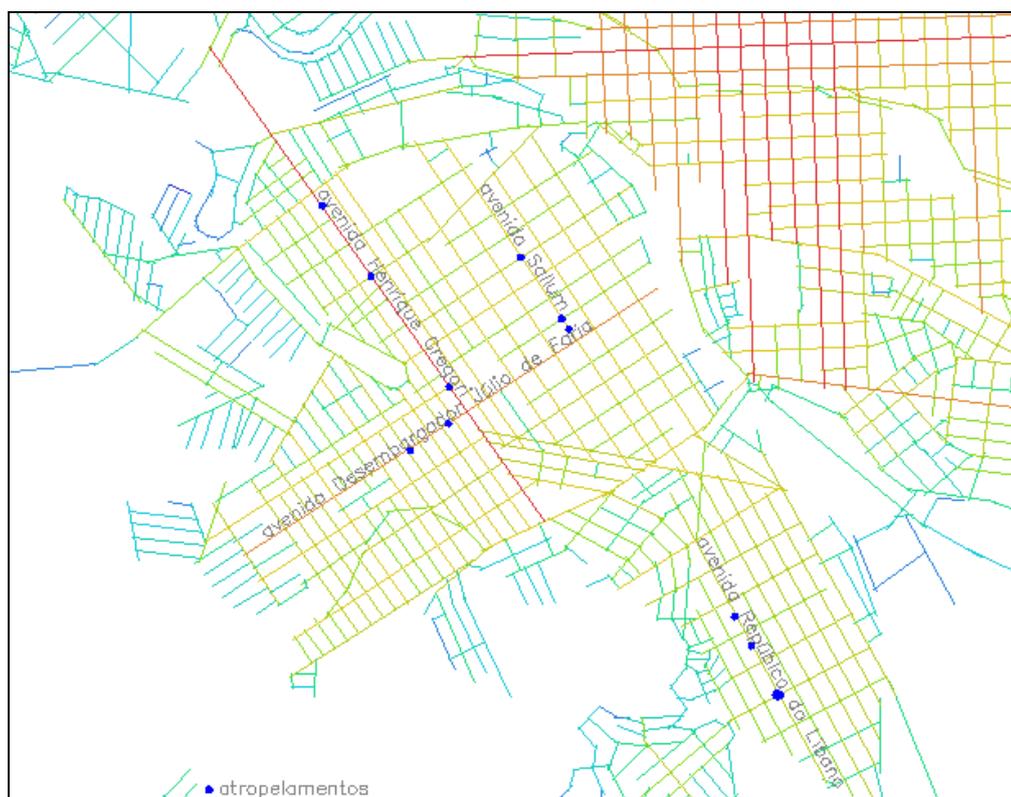
**Figura 7.18 – Integração global no trecho leste-oeste, em 2012**



Fonte: o autor

Na Vila Prado, mais ao sul da cidade, as avenidas Henrique Gregori e Sallum e a rua Desembargador Júlio de Faria, possuem maior acidentalidade no trânsito envolvendo os pedestres, somando 14 ocorrências no período. Quando se faz uma análise sintática considerando-se a integração local raio-3, conforme mostrado na Figura 7.19, a avenida Henrique Gregori é a mais facilmente alcançada localmente, e tem valor de integração de 3,99. Nela registra-se a presença variada de residências, empresas de prestação de serviços e comerciais.

**Figura 7.19 – Integração local para a área sul, em 2012**



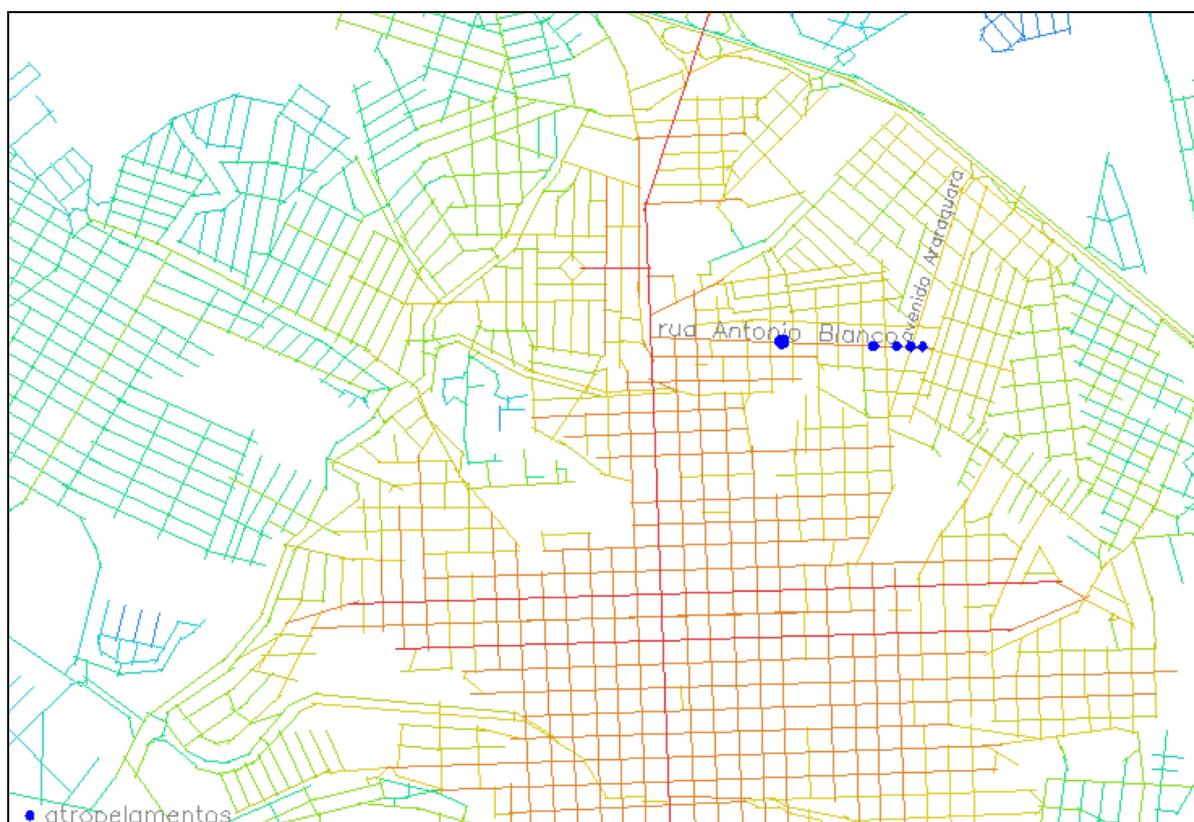
Fonte: o autor

Via com o segundo maior valor de integração local na área (3,74), a rua Desembargador Júlio de Faria, que cruza todo o bairro, e serve como corredor de tráfego de veículos, apresenta uso misto do solo, com muitas quadras ocupadas por atividades comerciais. Características semelhantes há na avenida Sallum, com tráfego nos dois sentidos, e ainda com presença de escolas e templos religiosos.

No bairro vizinho, Jardim Cruzeiro do Sul, na avenida República do Líbano, a mais integrada localmente, também com tráfego nos dois sentidos e ocupação comercial preponderante, foi onde ocorreu a maioria dos atropelamentos na área.

Ao norte, próxima ao centro urbano, verifica-se no mapa do geoprocessamento, na rua Antonio Blanco, representada na Figura 7.20, uma sequência de acidentes próximos, quase no cruzamento com a avenida Araraquara. Linha axial bem integrada ao sistema, conectada à linha da avenida São Carlos, apresenta muitas conexões, exercendo grande influência localmente. A rua Antonio Blanco, onde sete pedestres foram vítimas de acidentes, possui o solo quase inteiramente ocupado por comércio e serviços, os mais variados, com fluxo intenso de automóveis, nos dois sentidos.

**Figura 7.20 – Integração global na área próxima ao centro, em 2012**



Fonte: o autor

Com uma taxa menor de acidentes de trânsito envolvendo os pedestres em relação à São José do Rio Preto, a cidade de São Carlos tem a maioria dos atropelamentos nas suas principais vias. Na avenida São Carlos, pertencente à linha mais integrada e conectada do sistema, ocorreram 13% destes acidentes.

Das vias de todas as regiões analisadas na cidade de São Carlos, os acidentes ocorreram, com exceção da avenida Bruno Ruggiero Filho, em vias integradas, pelos menos localmente, e com uso do solo predominantemente comercial.

## **8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

---

Este trabalho tem como objetivo analisar a acidentalidade envolvendo pedestres e a sua correlação com a rede viária urbana. Para isso, foram feitas as caracterizações dos acidentes nas cidades de São Carlos e São José do Rio Preto, ambas de porte médio. A verificação da correlação com a configuração urbana foi realizada com o uso da Teoria da Sintaxe Espacial.

Quanto à caracterização, há uma grande taxa de acidentes nos dois municípios. Em São José do Rio Preto são cerca de 400 atropelamentos por ano, com uma leve tendência de queda nos últimos três anos, e em São Carlos, aproximadamente 100. Estas duas cidades do interior paulista apresentam bons índices de desenvolvimento humano e social, como taxas de mortalidade infantil médias de 9 e 8,5 óbitos por mil nascidos vivos, respectivamente, entre os anos de 2007 e 2011, de acordo com a Fundação SEADE (2012).

São Carlos e São José do Rio Preto refletem, porém, o baixo desempenho da segurança viária nacional. No transcorrer da Década de Ação para a Segurança no Trânsito 2011-2020, instituída pela ONU, e quando os países com altas taxas de acidentes e mortalidade no trânsito, como o Brasil, devem procurar reduzi-las pela metade, a venda de veículos nos últimos anos tem sido crescente. Com maior exposição ao tráfego, é possível se esperar uma piora nos números de atropelamentos nos próximos anos, apesar dos esforços para a redução.

E esta piora tende a atingir pessoas de faixas etárias mais expostas ao trânsito, seja pela dificuldade de locomoção ou por outras características físicas. Em São José do Rio Preto, maiores de 60 anos representam um dos grupos mais atingidos neste tipo de acidentes de trânsito, com o maior número de lesões graves ou fatais. Em São Carlos, crianças até 14 anos estão entre as maiores vítimas, inclusive quanto à severidade das lesões. Estes dois grupos de pedestres compõem a menor parte populacional, mas o número de acidentes em que estão envolvidos mostra a gravidade da situação.

Nas diversas áreas das cidades analisadas, os centros urbanos são os locais onde acontece a maior parte dos acidentes, o que é previsível, devido à grande concentração de centros comerciais e de serviços, atrativos de fluxos de pessoas e maior exposição ao tráfego de veículos. Mesmo em área de trânsito exclusiva para os pedestres, seus contornos apresentaram elevado número de atropelamentos.

Em São José do Rio Preto, cerca de 25% dos atropelamentos aconteceram na parte central cidade, compreendida na área entre as avenidas Bady Bassitt, Alberto Andaló, Philadelpho Manoel Gouveia Netto e rua Fernando Gouveia Pires. No centro comercial urbano, apesar de contar com área exclusiva para o trânsito dos pedestres, os acidentes ocorreram com grande frequência nas ruas que a contornam, levando-se a considerar a hipótese dos acidentes terem sido apenas “deslocados” da área protegida para o seu entorno.

Nestas áreas de grande fluxo de pedestres, a maioria dos acidentes, entretanto, apresenta baixa severidade nas lesões provocadas, devido às pequenas velocidades desenvolvidas pelos veículos no trajeto. São áreas, em geral, bem sinalizadas, com faixas de pedestres e outros sinais de trânsito bem definidos, até mesmo com semáforos exclusivos para as pessoas, como no caso da avenida São Carlos, próxima ao mercado municipal, área crítica em atropelamentos. Muitas vezes, os próprios pedestres se expõem ao tráfego desrespeitando as leis de trânsito e contribuindo para os acidentes.

Na análise dos atropelamentos nas vias, em geral há problemas em todas aquelas classificadas como arteriais, com faixas separadas, onde a velocidade é limitada a 60 km/h. São também ocupadas por diversos tipos de uso e ocupação do solo, atraindo grande movimento de pedestres e tráfego de automóveis e motos. As motos, inclusive, estão envolvidas na maioria dos acidentes trânsito na cidade de São José do Rio Preto, e superam os automóveis também nos atropelamentos.

Na tentativa de melhoria da segurança viária para os pedestres, pode-se, então, manter o controle das velocidades dos veículos, uma das mais importantes causas da ocorrência e da severidade dos acidentes, ou mesmo diminuir sua limitação, procurando-se uma adequação com os fluxos.

Corredores de tráfego devem merecer especial atenção neste planejamento, bem como aquelas vias que fazem parte das áreas comerciais dos bairros mais distantes dos centros urbanos. Em São José do Rio Preto, 49 ruas e avenidas da cidade tiveram, em cada uma, pelo menos 10 atropelamentos no período avaliado. Em São Carlos, em 16 vias aconteceu aproximadamente metade dos acidentes que envolveram os pedestres.

Em relação à correlação com a configuração urbana, pesquisada utilizando-se dos conceitos tradicionais da Sintaxe Espacial, os acidentes ocorreram, na maioria das vezes, em vias mais conectadas e com maior integração global ou local. Das ruas e avenidas listadas com maior quantidade de atropelamentos, quase todos apresentaram alguns destes valores

sintáticos significativos. Entretanto, não necessariamente em vias com índices sintáticos expressivos são registrados acidentes, o que demonstra uma restrição de análise única por meio da Sintaxe.

A Teoria, portanto, deve ser vista em conjunto com outros parâmetros da Engenharia de Tráfego e de Planejamento Urbano, mas pode ser abordada em uma etapa inicial do planejamento da segurança viária, uma vez que trabalha com “fluxos potenciais”, demonstrando locais a serem analisados preliminarmente.

Estes fluxos potenciais de veículos e pedestres em determinadas áreas são indicados por maiores valores de integração local e global para as linhas axiais. Vias bastante integradas, mas ainda com predominância de residências em sua extensão, possuem pequeno número de acidentes, provavelmente devido às suas características de tráfego local.

Há também avenidas com grande número de atropelamentos, mas por serem ocupadas por várias linhas axiais, apresentam um número baixo de conexões e integração, mesmo local, para cada segmento, resultando em baixa correlação entre os acidentes e os índices sintáticos, como é o caso da avenida Bruno Ruggiero Filho, em São Carlos. Tal fato representa uma nítida limitação da Sintaxe em sua aplicação neste tipo de estudo, embora possa ocorrer em pequeno número na análise de grandes sistemas urbanos.

Em avenidas localizadas em fundos de vales, como a Bady Bassitt e Alberto Andaló, em São José do Rio Preto, também necessariamente formadas por várias linhas axiais de menores extensões devido aos seus traçados curvilíneos, naqueles segmentos mais integrados ocorreu a maior parte dos acidentes. Uma análise em conjunto da integração global e conectividade dos segmentos apresenta resultados com correlações mais expressivas com os atropelamentos.

Quando da análise dos bairros mais afastados dos centros urbanos das cidades, os resultados mostram baixa correlação com a integração global, mais se tornam mais evidentes com o uso da integração local. Vias com quantidade relativamente grande de acidentes, na maioria dos casos apareceram com altos valores de integração local quando já ocupadas em maior parte de sua extensão por atividades comerciais e de serviços ou, pelo menos, com algum polo gerador de viagens, como hospitais, templos ou escolas, em suas proximidades.

Da mesma forma que para a integração global, algumas ruas altamente conectadas e integradas localmente não possuem número de acidentes elevado. Como exemplo, observa-se

que na rua Coutinho Cavalcanti, em São José do Rio Preto, mesmo com uso do solo comercial, foi registrado apenas um atropelamento no período analisado, devido às suas características de uso e ocupação do solo e do tráfego local, além das dimensões geométricas.

Constata-se, então, que outras variáveis, aqui não abordadas, colaboram para o aumento ou diminuição significativa do número de ocorrências. Dentre estas características, pode ser citado o tipo de uso do solo, e se comercial, a atração de pedestres provocada. Dimensões da via, presença de sinalização viária vertical e horizontal, e semafórica, são outros fatores importantes. Como recomendação para próximos trabalhos, talvez um estudo mais detalhado, por quadras, possível na Sintaxe Espacial com a Análise de Segmento, e utilizando-se, inclusive, de ferramentas estatísticas, apresente melhores resultados.

Assim, houve no trabalho limitações no método, ao se verificar, de maneira geral, as características dos atropelamentos nas vias. Devido ao comprimento de ruas e avenidas nas cidades abordadas, diferentes situações podem ocorrer em sua extensão, apresentando áreas de conflitos em vias aparentemente bem dimensionadas e sinalizadas em seu trajeto. Na análise da configuração urbana com o uso da Sintaxe Espacial, três variáveis foram vistas, as integrações global e local, e a conectividade. Outras, contudo, podem possuir correlações mais altas com o tema.

A caracterização dos atropelamentos, com as diversas variáveis que a envolve, e o geoprocessamento dos acidentes foram determinantes para a análise da segurança viária dos pedestres nas cidades estudadas, produzindo resultados satisfatórios.

A verificação da correlação com a configuração urbana, por meio da Teoria da Sintaxe Espacial, apresenta indícios, mesmo que iniciais, que a integração local seja um bom parâmetro de abordagem, principalmente para o planejamento inicial da segurança viária, mas ainda dependente de outras variáveis essenciais, como o uso do solo e características geométricas da via.

Dessa forma, este trabalho pode contribuir para o avanço na literatura sobre o tema, na medida em que procura caracterizar os atropelamentos, abordar e verificar os conceitos da Teoria da Sintaxe Espacial como método de análise, por meio de alguns de seus índices, dos efeitos da configuração urbana na acidentalidade envolvendo pedestres. Apesar das limitações descritas, procura entender e colaborar, com os dados e resultados obtidos, no estudo deste tema complexo, e atual, da segurança viária dos pedestres.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ALVES, P. **Correlação entre acidentes de trânsito, uso e ocupação do solo, polos geradores de viagens e população na cidade de Uberlândia – MG.** 2011. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

ALVES, P.; RAIÁ Jr., A. A. Análise de correlação entre acidentes de trânsito, uso e ocupação do solo, polos geradores de viagens e população em Uberlândia-MG. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 130, p. 55-70, 2012.

APATRU. **Banco de dados permanente.** Associação Preventiva de Acidentes e Assistência às Vítimas do Trânsito. São José do Rio Preto, 2011. Disponível em: <[http://www.apatru.org.br/sites/institucional\\_002/interna1.asp?dados=1:1:60:3:1](http://www.apatru.org.br/sites/institucional_002/interna1.asp?dados=1:1:60:3:1)>. Acesso em: 31 de outubro de 2011.

ARREGUI-DALMASES, C.; LOPEZ-VALDES, F.; SEGUI-GOMEZ, M. Pedestrian injuries in eight european countries: an analysis of hospital discharge data. **Accident Analysis and Prevention**, 42 (4), p. 1164-1171, 2010.

BALLESTEROS, M. F.; DISCHINGER, P. C.; LANGENBERG, P. Pedestrian injuries and vehicle type in Maryland, 1995–1999. **Accident Analysis and Prevention**, 36 (1), p.73–81, 2004.

BARROS, A. P. B. G. **Estudo exploratório da sintaxe espacial como ferramenta de alocação de tráfego.** 2006. 171 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BARROS, A. P. B. G.; MEDEIROS, V. A. S.; SILVA, P. C. M.; FORTES, J. A. S.; HOLANDA, F. R. B. Metodologia para a análise da mobilidade na Universidade de Brasília. **Anais do XXIII Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Vitória: ANPET, 2009.

BARROS, A. P. B. G.; MEDEIROS, V. A. S. A investigação da mobilidade: ferramentas para estudos intra-urbanos e metropolitanos. **Anais do Seminário Nacional de Governança Urbana e Desenvolvimento Metropolitano.** Natal: UFRN, 2010.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**. Lei 9.503, de 23 de setembro de 1997. Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/ctb.htm>>. Acesso em: 8 de fevereiro de 2013.

CÂMARA G.; QUEIROZ, G. R. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.), **Introdução à Ciência da Geoinformação**, 2000.

CARMO, C. L.; RAIJA Jr., A. A.; NOGUEIRA, A. D. A Teoria da Sintaxe Espacial e Suas Aplicações na Área de Circulação e Transportes. **Anais do 5º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2012. v. 1. p.1-12.

CAVALCANTE, A. P. H.; HOLANDA, F. R. B. Uso da Sintaxe Espacial na análise da dinâmica da hierarquia viária na cidade de Fortaleza, Ceará. **Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Recife: ANPET, v. II., p.955-966, 2005.

CAVALCANTE, A. P. H. C.; PAULA, F. S. M.; FRANÇA, D. B. Análise do uso do solo utilizando Sintaxe Espacial para a determinação de locais críticos para a implantação de Pólos Geradores de Viagens. **Anais do 16º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito**. ANTP: Maceió, 2007.

CAVALCANTE, A. P. H. 2009. **A arquitetura da cidade e os transportes: o caso dos congestionamentos em Fortaleza-Ceará**. 347 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CET. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/zona-de-maxima-protacao-ao-pedestre-zmpp/objetivo-do-programa.aspx>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2012.

CHIARADIA, A.; MOREAU, E.; RAFORD, N. Configurational exploration of public transport movement networks: a case study The London Underground. **Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Amsterdam, The Netherland, 2005.

CLIFTON, K. J.; BURNIER, C. V.; AKAR, G. Severy of injury resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment? **Transportation Research Part D**, 14 (6), p.425-436, 2009.

CUCCI NETO, J. **Aplicações da Engenharia de Tráfego na segurança dos pedestres**. 1996. 299p. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

DENATRAN. **Frota de veículos**. Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 11/04/2012.

DÍAZ, E. M. Tendencias de la investigación acerca de la seguridad de tránsito en peatones. **Transporte: Teoría y Aplicación**. V.1, n. 1, p.27-43, 2009.

ELVIK, R.; RØYE, A.; VAA, T.; SØRENSEN, M. **The handbook of road safety measures**. 2. ed. Bingley: Emerald, 2009. 1.124 p.

EVANS, L. **Traffic Safety**. Bloomfield: Science Serving Society, 2004. 444 p.

FERRAZ, A. C. P.; RAIA Jr., A. A.; BEZERRA, B. S. **Segurança no Trânsito**. Ribeirão Preto: Grupo Gráfico São Francisco, 2008. 280 p.

FERRAZ, A. C. P.; RAIA Jr., A. A.; BEZERRA, B. S.; BASTOS, J. T.; SILVA, K. C. R. **Segurança Viária**. São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora, 2012. 322p.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**. 2ª ed. São Carlos: Ed. Rima, 2004. 410 p.

FERREIRA, A. C. M.; RAIA Jr., A. A. Análise das taxas de mortalidade por atropelamento em municípios paulistas. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Fortaleza, 2005.

FIGUEIREDO, L.; AMORIM, L. Continuity lines in the axial system. **Proceedings of the 5th International Space Syntax Symposium**, Technische Universiteit Delft, The Netherlands, p.13-17, June 2005.

FUNDAÇÃO SEADE (2012) Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Taxas de mortalidade infantil, segundo Departamentos Regionais de Saúde – DRSs e municípios do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/mortinf/> Acesso em: 22 de junho de 2013.

GUERREIRO, T. C. M. **Acidentalidade no transporte coletivo na cidade de São Carlos**. 2008, 140 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

GHIDINI, R. O desenho urbano pode influir nos atropelamentos? **Revista dos Transportes Públicos**, n. 126, ano 32, 3º quadrimestre de 2010, p.33-45.

HÍJAR, M. C.; KRAUS, J. F.; TOVAR, V.; CARRILLO, C. Analysis of fatal pedestrian injuries in Mexico City, 1994–1997. **Injury, Int. J. Care Injured**, 32 (4), p.279–284, 2001.

HILLIER, B. **Space is the machine**: configurational theory of architecture. University College London, London, 2007.

HILLIER, B; HANSON, J. **The Social Logic of Space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 281p.

IBGE. **Censo de 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 de março de 2011.

JORGE, M. H. P. M; KOIZUMI, M. S. **Acidentes na infância**: magnitude e subsídios para a sua prevenção II (Relatório de pesquisa). São Paulo, 2010.

KIM, Y. O.; SHIN, H. W. KONG, E. M. Establishing a method to construct pedestrian network in downtown area. **Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**, Istanbul, 2007

KRUGER, M. J. T. On node and axial grid maps: distance measures and related topics. Paper presented at **European Conference on the Representation and Management of Urban Change**. Cambridge: University of Cambridge. 1989.

KRUGER, M. J. T.; VIEIRA, A. P. Scaling relative asymmetry in space syntax analysis. **Journal of Space Syntax**. The Bartlett School of Graduated Studies. University College London, 3 (2), p.194-203, 2012.

LAW, S.; CHIRADIA, A.; SCHWANDER, C. Towards a multi-modal space syntax analysis. A case study of the London street an underground network. **Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**. Chile, 2012.

LEI DE ZONEAMENTO, USO E OCUPAÇÃO. **Lei 5135/92, com alterações**. São José do Rio Preto, 1992. Disponível em: <[http://www.riopreto.sp.gov.br/PortalGOV/do/subportais\\_Show?c=143](http://www.riopreto.sp.gov.br/PortalGOV/do/subportais_Show?c=143)>. Acesso em: 31/03/2012.

LOPES, A. S.; CAVALCANTE, A. P. H. Influência da Configuração Urbana na Democratização da Mobilidade. **Anais do XIV Encontro Nacional da ANPUR**, Rio de Janeiro: ANPUR, 2011.

LOUREIRO, C., RIGATTI, D., AMORIM, L. Forma e Uso Social no Espaço Urbano: Porto Alegre e Recife. **Revista Pós**. São Paulo: EDUSP, n. 5, p.17-31, abril, 1995.

MAHA, Y. B. (1997). Metodologia para a definição de corredores de ônibus urbanos com a aplicação da Sintaxe Espacial. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília. 1997.

MANTOVANI, V. R. **Proposta de um sistema integrado de gestão em segurança de tráfego – SIG SET**. 2004. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

MEDEIROS, V. A. S. **Urbis Brasiliae ou sobre cidades do Brasil**: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas. 519 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2006.

MS. **Datasus**. Ministério da Saúde. Brasília 2013. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/ext10uf.def>>. Acesso em: 7 de fevereiro de 2013.

MS/SIM/SVS. **Mortalidade por acidentes de transporte terrestre no Brasil**. Ministério da Saúde. Brasília – DF, 2007.

NOGUEIRA, A. D. **Morfologia Urbana através da Sintaxe Espacial e do fluxo de pedestres em território universitário**: o campus da UFSCar. 200 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 1998.

NOGUEIRA, A. D. **Análise Sintático-Espacial das transformações urbanas de Aracaju (1855 – 2003)**. 2004. 365 pág. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

NOGUEIRA, A. D. Análise Sintático-Espacial das transformações urbanas de Aracaju (1855 – 2003). **Portal de Periódicos**, Universidade Federal da Bahia, 2006. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/ppgau/article/viewFile/1421/951>. Acesso em: 04 de janeiro de 2011.

OLIVEIRA, L. R. G. J. **Análise dos atropelamentos ocorridos na cidade de São Carlos com o uso de um SIG e ferramentas de análise espacial**. Relatório de Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: FAPESP, 2009.

OLIVEIRA, L. R. G. J.; RAIJA Jr., A. A. Análise de atropelamentos ocorridos em São Carlos com o uso de um SIG e ferramentas de análise espacial. **Anales del XVII Jornadas de Jóvenes Investigadores** 2009. Concordia-Argentina: AUGM, 2009. v. 1. p.1-10.

ÖZBİL, A.; PEPONIS, J. Modeling street connectivity and pedestrian movement according to standard GIS street network representation. **Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**, Istanbul, 2007.

ÖZBİL, A.; PEPONIS, J. The effects of urban form on walking to transit. **Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**, Santiago, Chile, 2012.

PEREIRA, R. H.; BARROS, A. P. B. G.; HOLANDA, F. R. B.; MEDEIROS, V. A. S. **O uso da Sintaxe Espacial no desempenho do transporte urbano: limites e potencialidades.** Texto para Discussão 1630, Brasília: IPEA, 2011.

POULOS, R.; HAYEN, A.; FINCH, C., ZWI, A. Area Socioeconomic status and childhood injury morbidity in New South Wales, Australia. **Injury Prevention**, 13(5), p.322–327, 2007.

PREFEITURA DE BARCELONA. **Dossier de prensa.** Disponível em: <<http://w3.bcn.es/fitxers/home/110112dossieraccidentalitat.670.735.pdf>>. Acesso em 15 de dezembro de 2011.

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. **Space Syntax: An Innovative Pedestrian Volume Modeling Tool for Pedestrian Safety.** eScholarship Repository, University of California, 2003. Disponível em: <<http://repositories.cdlib.org/its/tsc/UCB-TSC-RR-2003-11>>. Acesso em: 30 de novembro de 2011.

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. Pedestrian volume modeling for traffic safety and exposure analysis: the case of Boston, Massachusetts. **Safe Transportation Research & Education Center.** Institute of Transportation Studies, UC Berkeley, 2006. Disponível em: <<http://escholarship.org/uc/item/61n3s4zr>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2012.

RAFORD, N.; CHIARADIA, A.; GIL, J. **Space Syntax: The Role of Urban Form in Cyclist Route Choice in Central London.** Safe Transportation Research & Education Center. Institute of Transportation Studies, UC Berkeley, 2007. Disponível em: <http://www.escholarship.org/uc/item/8qz8m4fz#page-1>. Acesso em: 15 de Março de 2013.

SAFEKIDS. **Child Pedestrian Injury.** Safekids Campaign Co-ordinating Office. Epsom, Auckland, New Zealand, 2005.

RAIA Jr., A. A.; SOUZA, F. R.; MATURANO, I. D.; ANDOLFATO, D. M.; RÖHM, S. A. O Uso de SIG para Análise Espacial de Acidentes de Trânsito. **Anais do GIS Brasil 2001**. Curitiba: Fator GIS, 2001.

SANTOS, L. **Análise dos acidentes de trânsito no município de São Carlos utilizando Sistema de Informações Geográficas e Ferramentas de Estatística Espacial**. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

SANTOS, L.; RAIA Jr., A. A. Análise de acidentes de trânsito com o uso de SIG e estatística espacial: caso da cidade de São Carlos, Brasil. **Actas del XV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte**. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte, 2008. v. 1. p. 1-15.

SANTOS, M. R. **Vítimas do trânsito em São José do Rio Preto**. 2004. 264 p. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto.

SANTOS, S. **A análise da transformação urbana do bairro Coroa do Meio mediante teoria da sintaxe espacial - Aracaju/SE**. 2009, Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

SECRETARIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO E TRANSPORTE. **Relação de Acidentes - Registros**, São Carlos, 2011.

SHIN, W. S.; KIM, Y. O.; KIM, A. H. A study on the correlation between pedestrian network and pedestrian volume according to land use pattern. **Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Space Syntax Symposium**, Istanbul, 2007.

SHINAR, D. Safety and mobility of vulnerable road users: Pedestrians, bicyclists, and motorcyclists. **Accident Analysis and Prevention**, 44 (1), p.1–2, January 2012.

SILVA, A. N. R. **Sistemas de informações geográficas para planejamento de transportes**. 1998. 124 p. Tese (Livre Docência em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. 3<sup>a</sup> edição. São Paulo: Editora Annablume, 2000.

VELLOSO, M. S; JACQUES, M. A. P; LINDAU, L. A. Investigação dos fatores contribuintes de atropelamento de pedestres em rodovias inseridas em áreas urbanas. **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Transportes**, Fortaleza: ANPET, 2005.

WHO. **Road Traffic Injuries**. World Health Organization. Geneva, 2012. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>>. Acesso em: 15 de setembro de 2012.

WHO. **Global status report on road safety: time for action**. World Health Organization. Geneva, World Health Organization, 2009 ([http://www.portalseer.ufba.br/index.php/ppgau/article/viewFile/1421/951article/viewFile/1421/951road\\_safety\\_status/2009](http://www.portalseer.ufba.br/index.php/ppgau/article/viewFile/1421/951article/viewFile/1421/951road_safety_status/2009)).

WHO. **Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners**. World Health Organization, Global Road Safety Partnership, Geneva, 2008.

ZAMPIERI, F. L. 2006. 274p. **Modelo estimativo de movimento de pedestres baseado em Sintaxe Espacial, Medidas de Desempenho e Redes Neurais Artificiais**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). PROPUR, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

ZAMPIERI, F. L. **O fenômeno social do movimento de pedestres em centros urbanos**. 2012. 918p. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional). PROPUR, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

ZEGEER, C.V.; BUSHELL, M. Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world. **Accident Analysis and Prevention**, 44 (1), p.3–11, January 2012.

## APÊNDICE

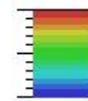
---

Figura A1 – Integração local raio-5 em São José do Rio Preto – SP, em 2012

N  
↑



*Valores de Integração  
Local raio-5  
Máximo 2,90*



*Mínimo 0,35*

Fonte: o autor

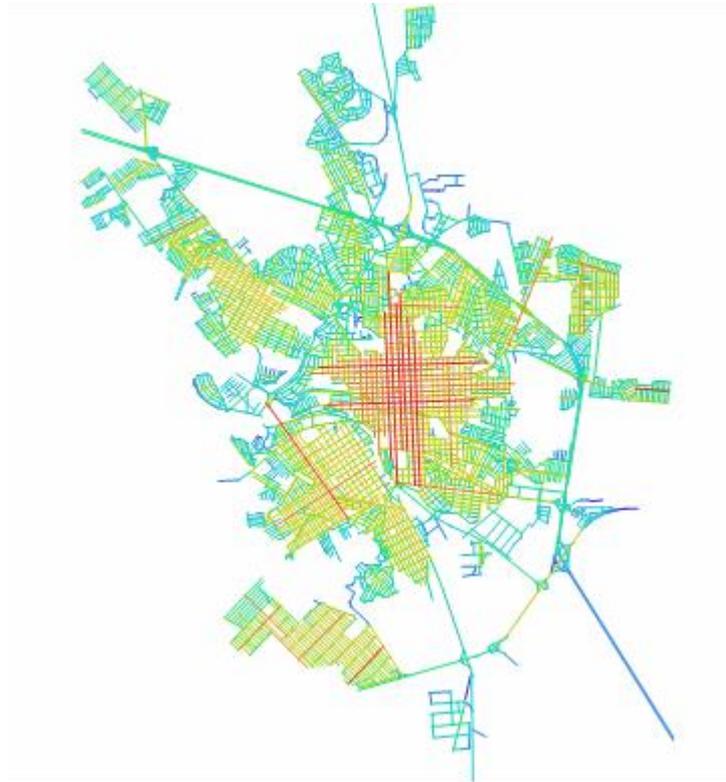
Figura A2 – Integração local raio-6 em São José do Rio Preto – SP, em 2012



Fonte: o autor

Figura A3 – Integração local raio-3 em São Carlos – SP, em 2012

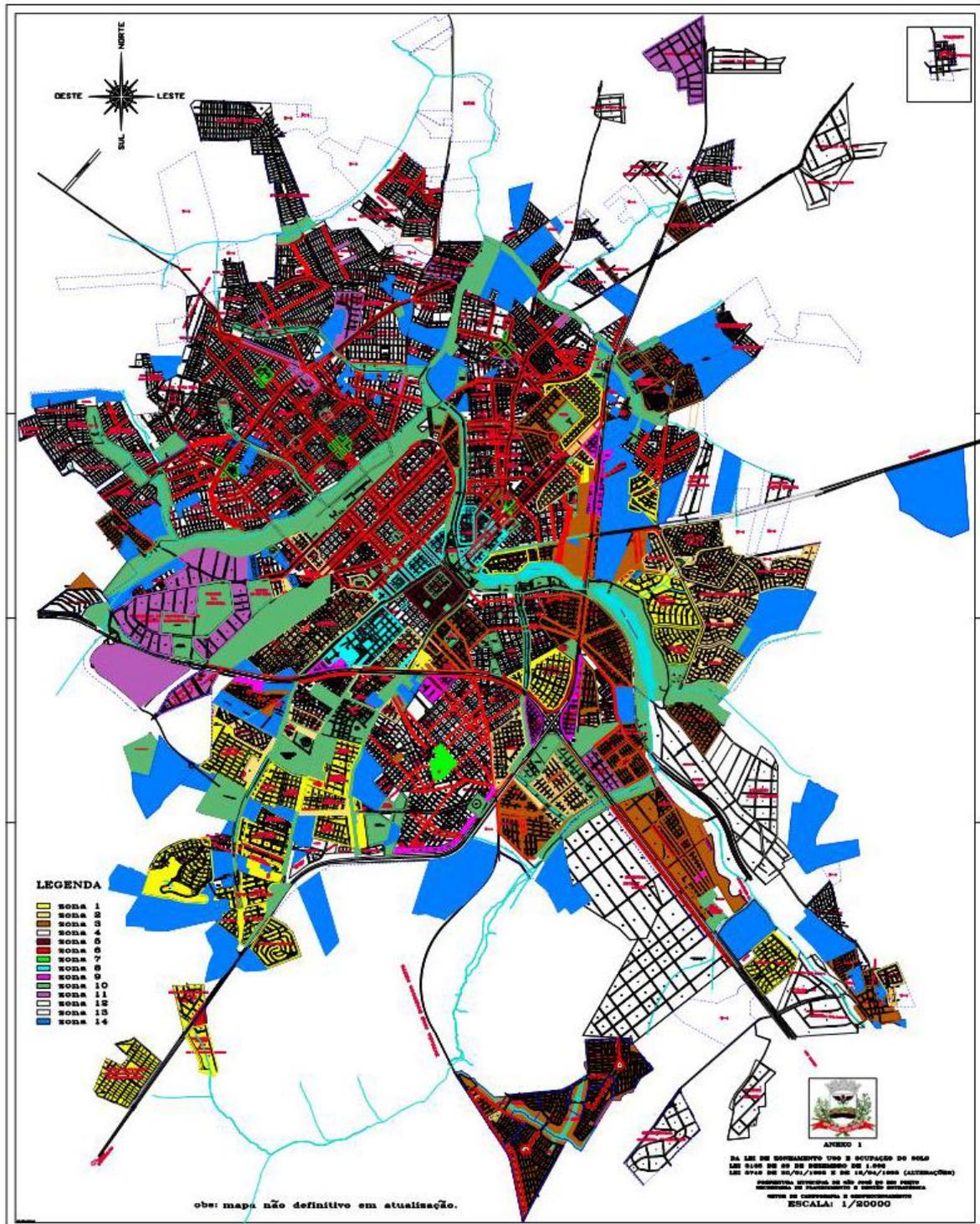
N  
↑



Fonte: o autor

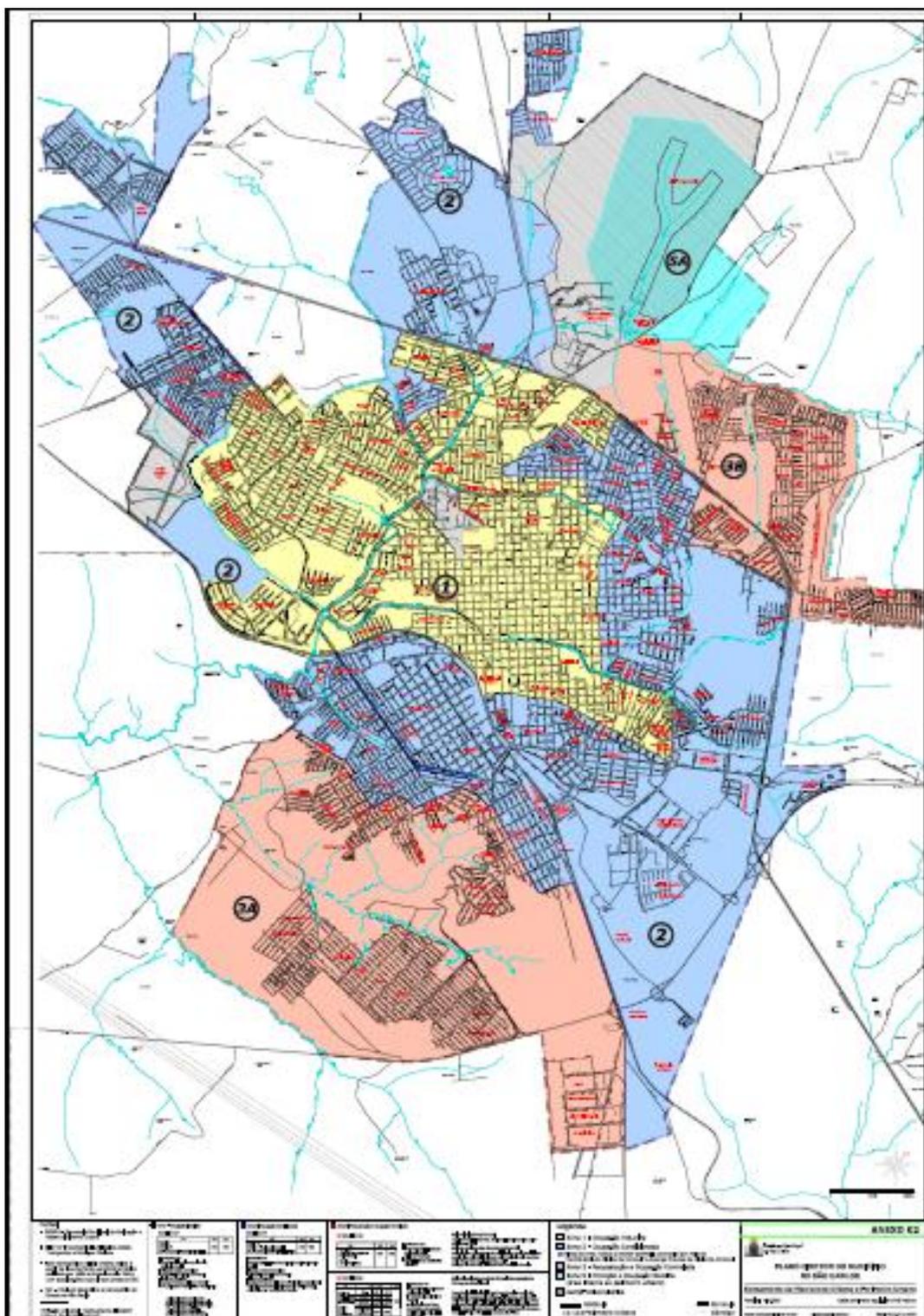
## ANEXO

Figura A4 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo de São José do Rio Preto



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento Estratégico, Ciência, Tecnologia e Inovação

Figura A5 – Zoneamento da macrozona urbana e perímetro urbano



Fonte: Prefeitura Municipal de São Carlos