

Jornadas de Investigação e Inovação LNEC  
**Cidades e Desenvolvimento**

**SEGURANÇA RODOVIÁRIA EM  
ZONAS URBANAS  
ASPETOS METODOLÓGICOS E  
PRÁTICOS PARA GESTÃO EFICIENTE**

**Sandra Vieira Gomes  
João Lourenço Cardoso**



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

18 a 20 de Junho de 2012

## 1 - Introdução

## 2 – A gestão da segurança da infraestrutura rodoviária

### 2.1 - SIG

### 2.2 - MEFA

## 3 - Exemplo de aplicação para Lisboa

## 4 - Conclusões

O conhecimento dos factores que afectam a probabilidade de ocorrência de um acidente é uma área de investigação relevante de há muitas décadas devido aos enormes custos para a sociedade dos acidentes rodoviários.

As zonas urbanas, caracterizadas por elevadas percentagens de acidentes corporais, requerem uma atenção prioritária.

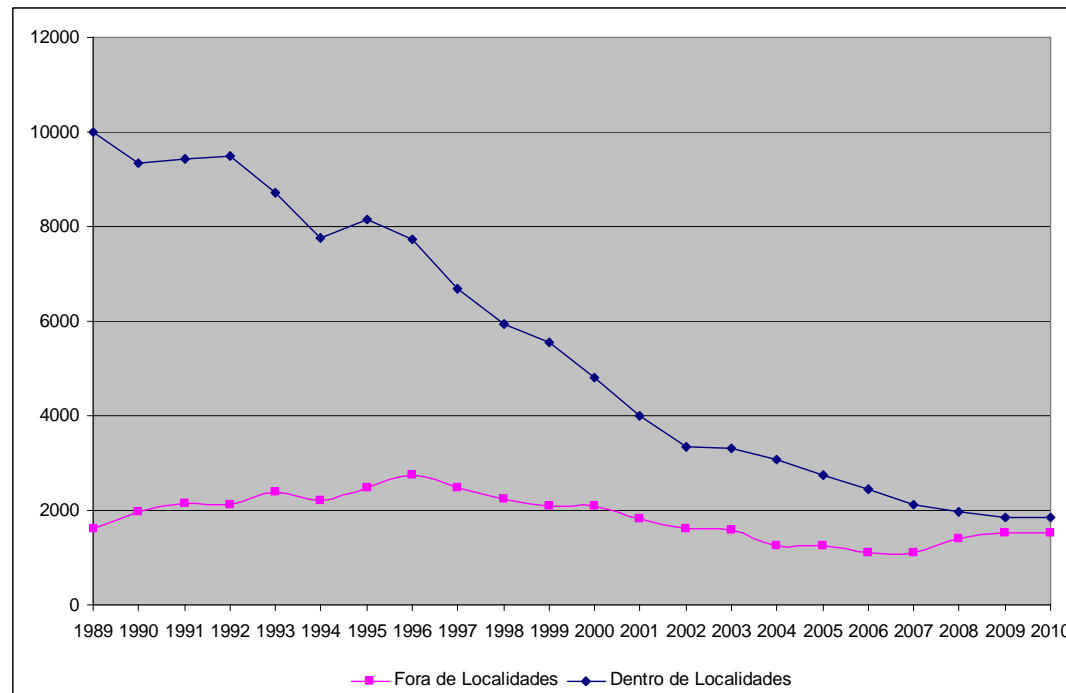
## 1 - Introdução

2

Segundo as estatísticas nacionais, uma elevada percentagem de acidentes e vítimas ocorre em zonas urbanas: entre 2004 e 2010, 70% dos acidentes com vítimas e 45% das vítimas mortais ocorreu nestas áreas.

3

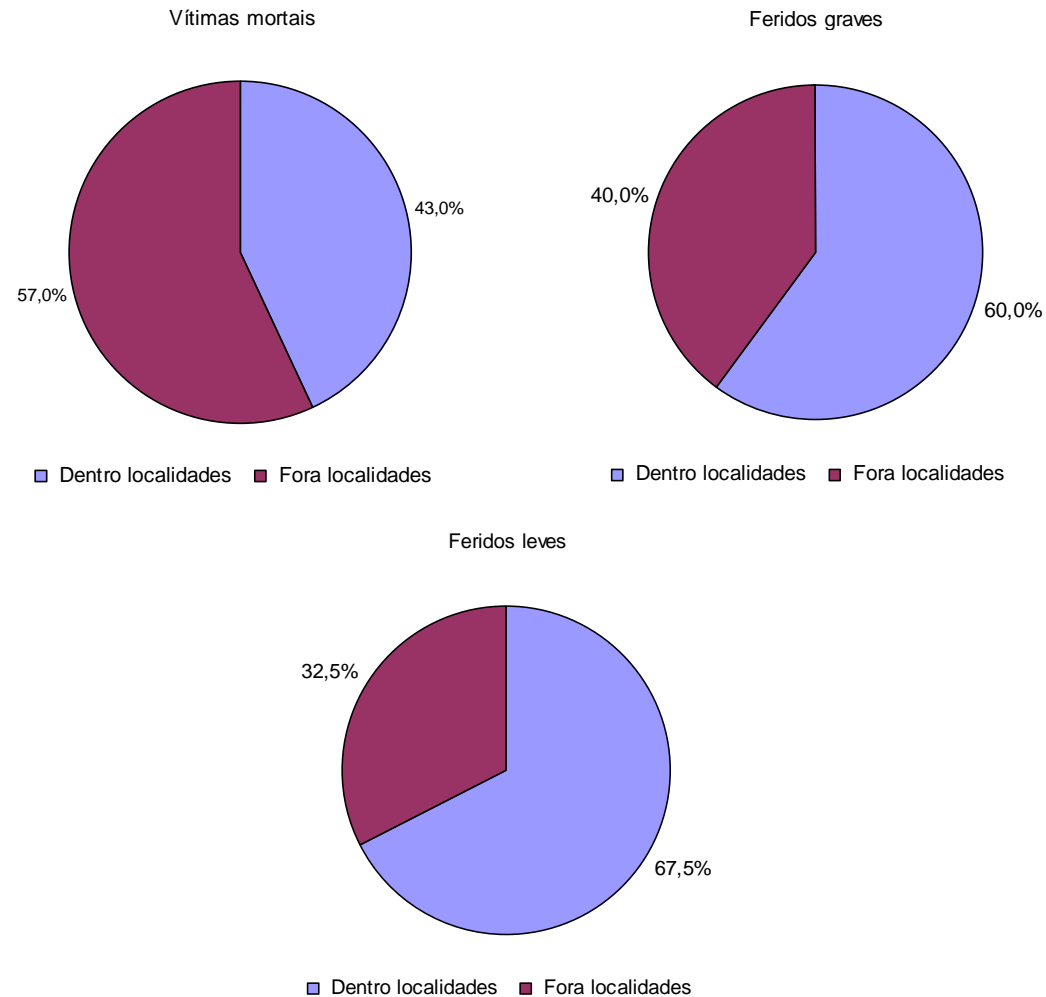
4



Evolução do número de MFG dentro e fora de localidades em Portugal

## 1 - Introdução

Percentagem de mortos, feridos graves e feridos leves relativamente ao total de vítimas em Portugal, dentro e fora das localidades (2004-2007)



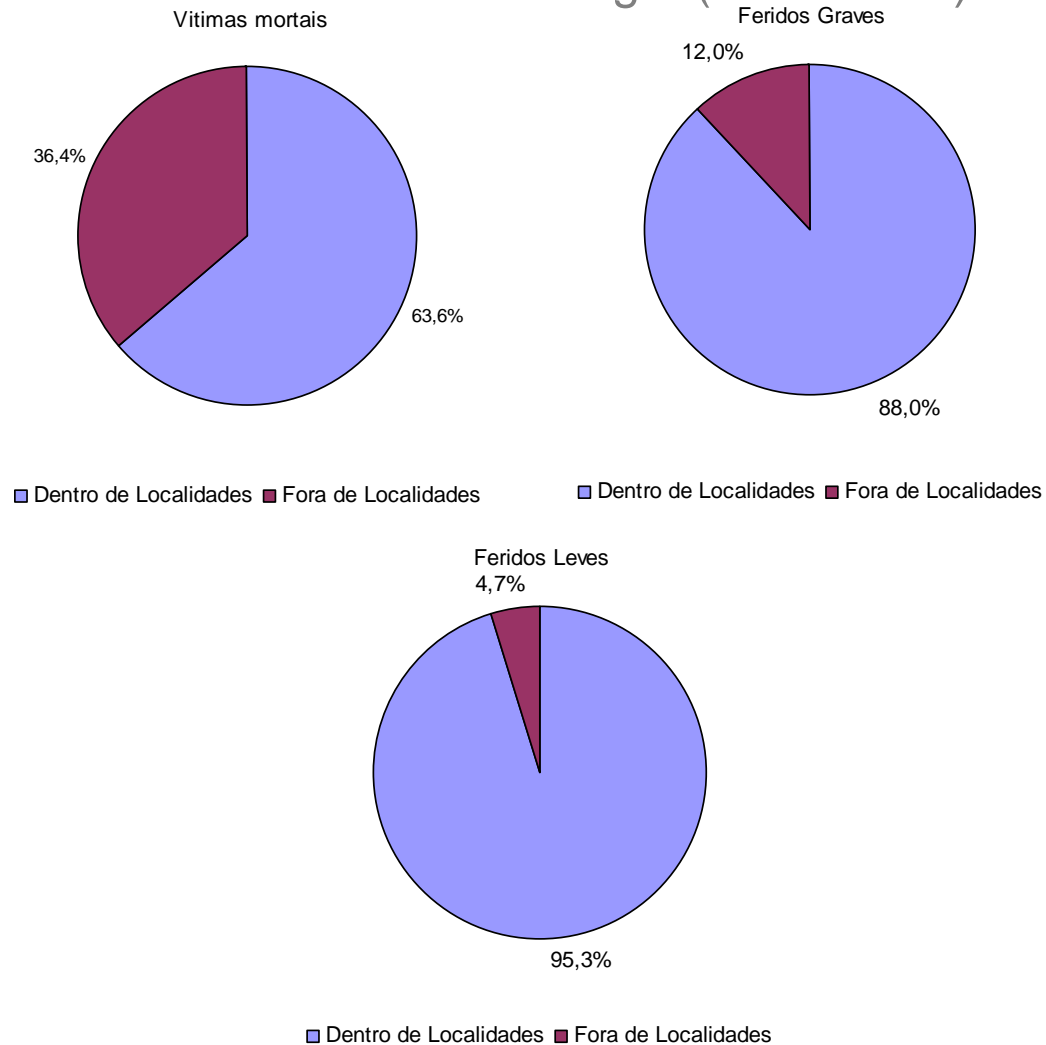
## 1 - Introdução

2

3

4

Percentagem de peões mortos, feridos graves e feridos leves, dentro e fora de localidades - Portugal (2004-2007)



## 2 – A gestão da segurança da infraestrutura rodoviária

2

As tarefas de gestão da infraestrutura rodoviária urbana direccionadas para a melhoria da segurança rodoviária devem ser feitas de forma racional, através da utilização de ferramentas especificamente vocacionadas para a mitigação da sinistralidade e que permitam fundamentar as decisões de intervenções na mesma:

3

4

- SIG sobre acidentes em meio urbano e sobre factores relacionados com a infraestrutura rodoviária influentes na sinistralidade, susceptíveis de serem usados para conhecer o fenómeno.
- Conhecimento das relações entre a frequência de acidentes em meio urbano e as características do ambiente rodoviário, através dos modelos de estimativa da frequência esperada de acidentes.

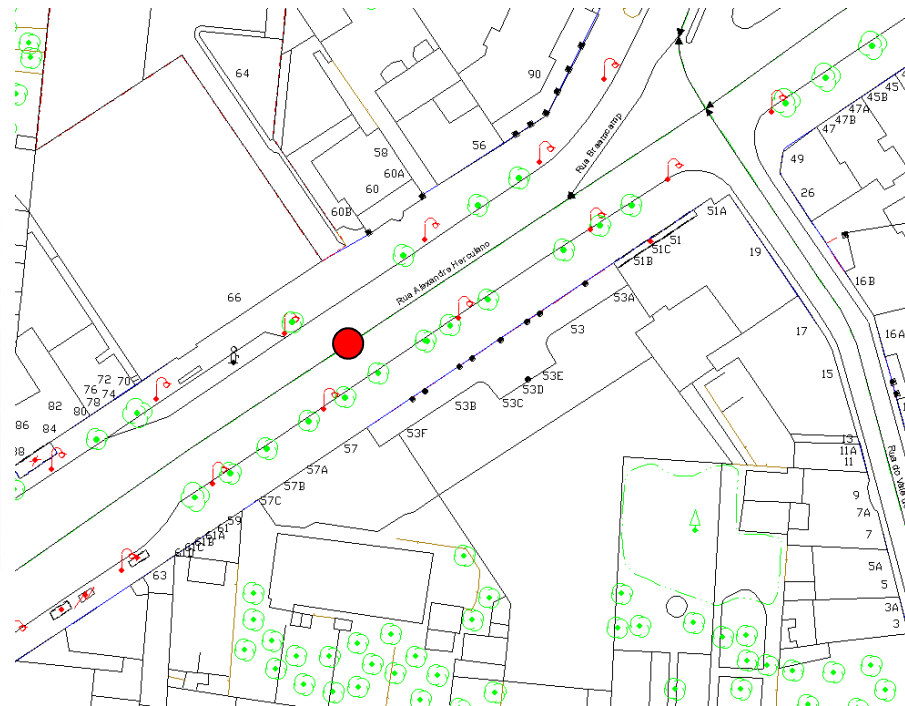
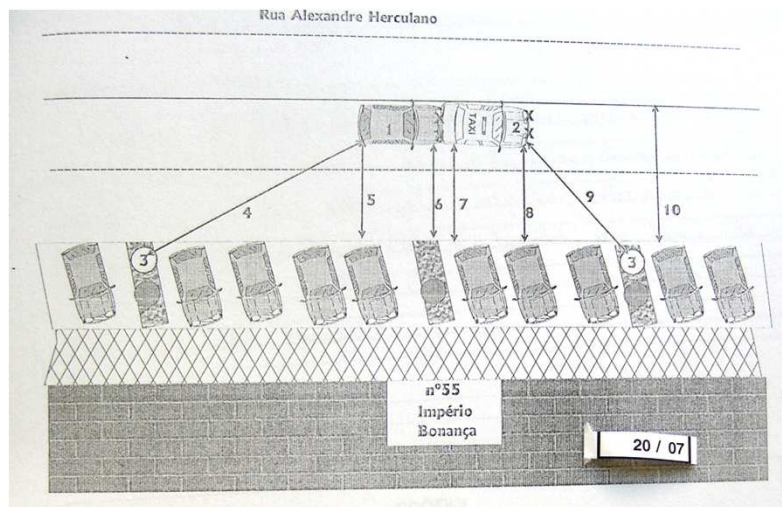
## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: SIG

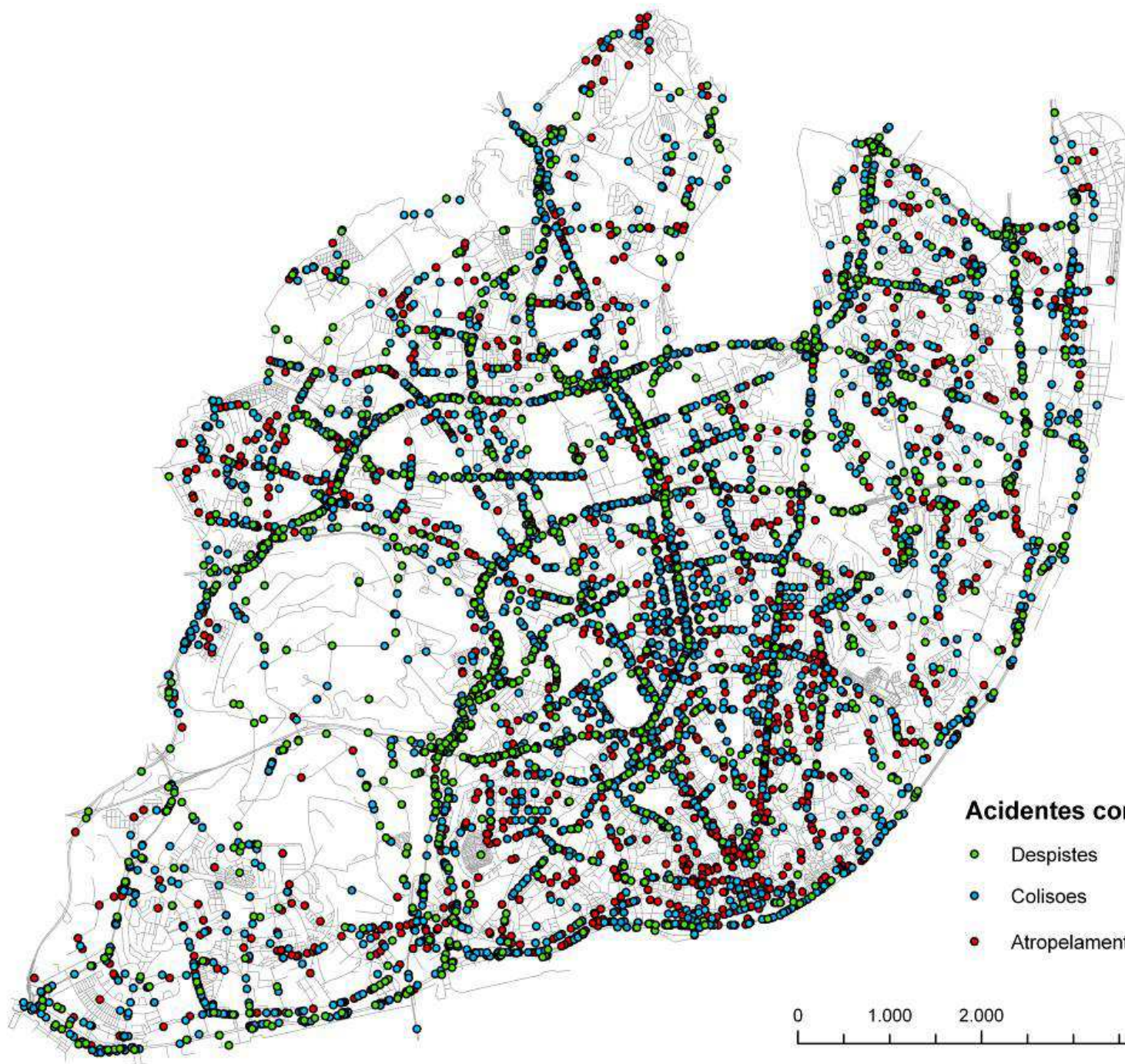
### *SIG com dados sobre os acidentes rodoviários ocorridos em Lisboa entre 2004 e 2007*

- Distribuições espaciais desagregadas por todas as variáveis descritoras dos acidentes
- Identificação de zonas de maior número de acidentes observados
- Esquemas pormenorizados das manobras associadas a acidentes

3

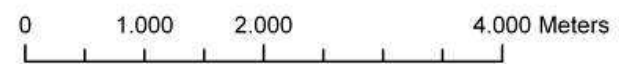
4



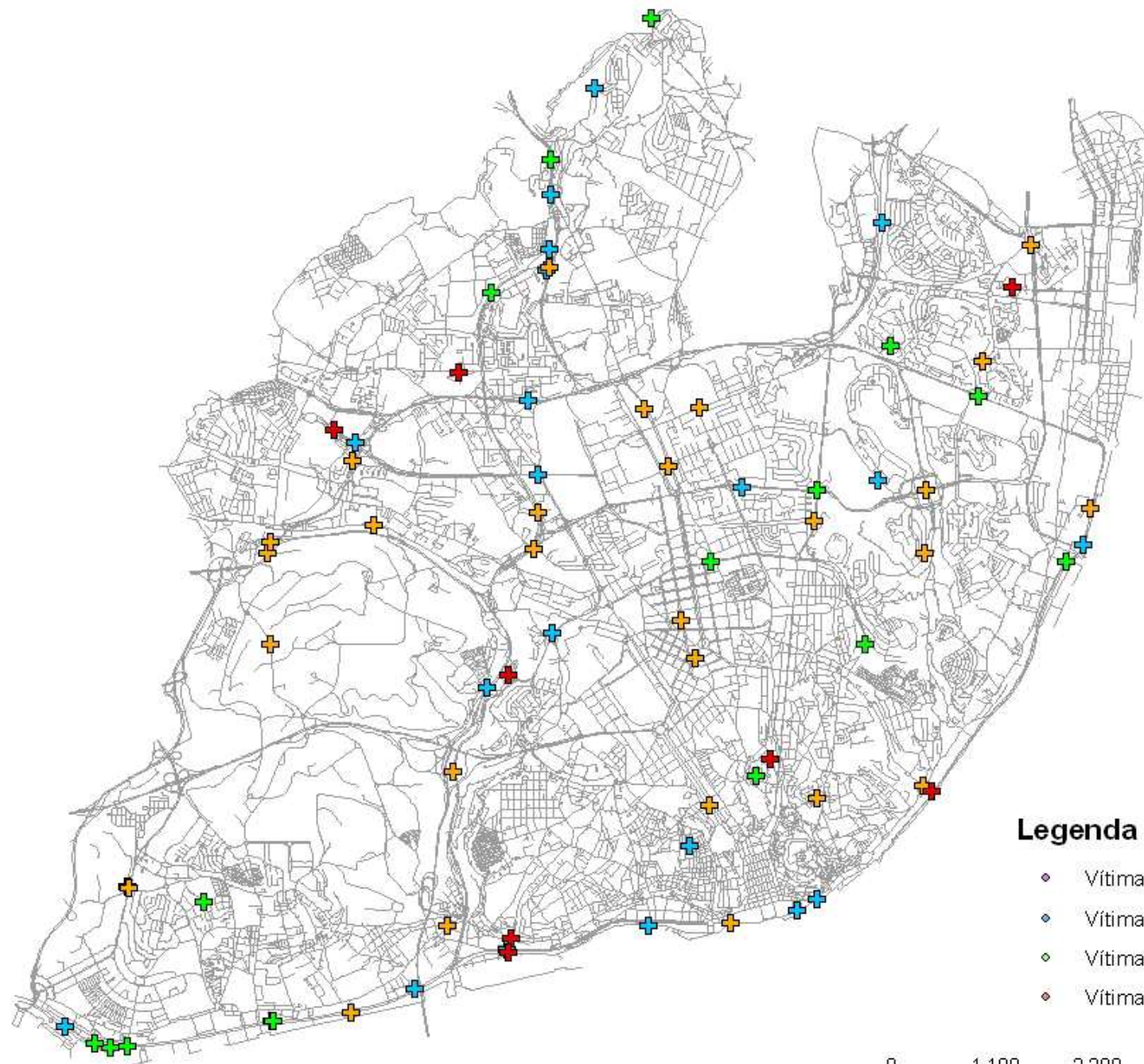


**Acidentes com vítimas 2004-2007**

- Despistes
- Colisoes
- Atropelamentos

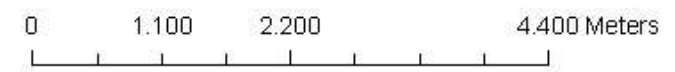






**Legenda**

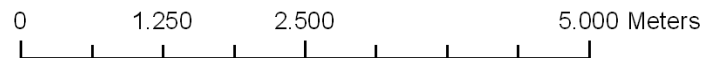
- ♦ Vítimas mortais em 2007
- ♦ Vítimas mortais em 2006
- ♦ Vítimas mortais em 2005
- ♦ Vítimas mortais em 2004



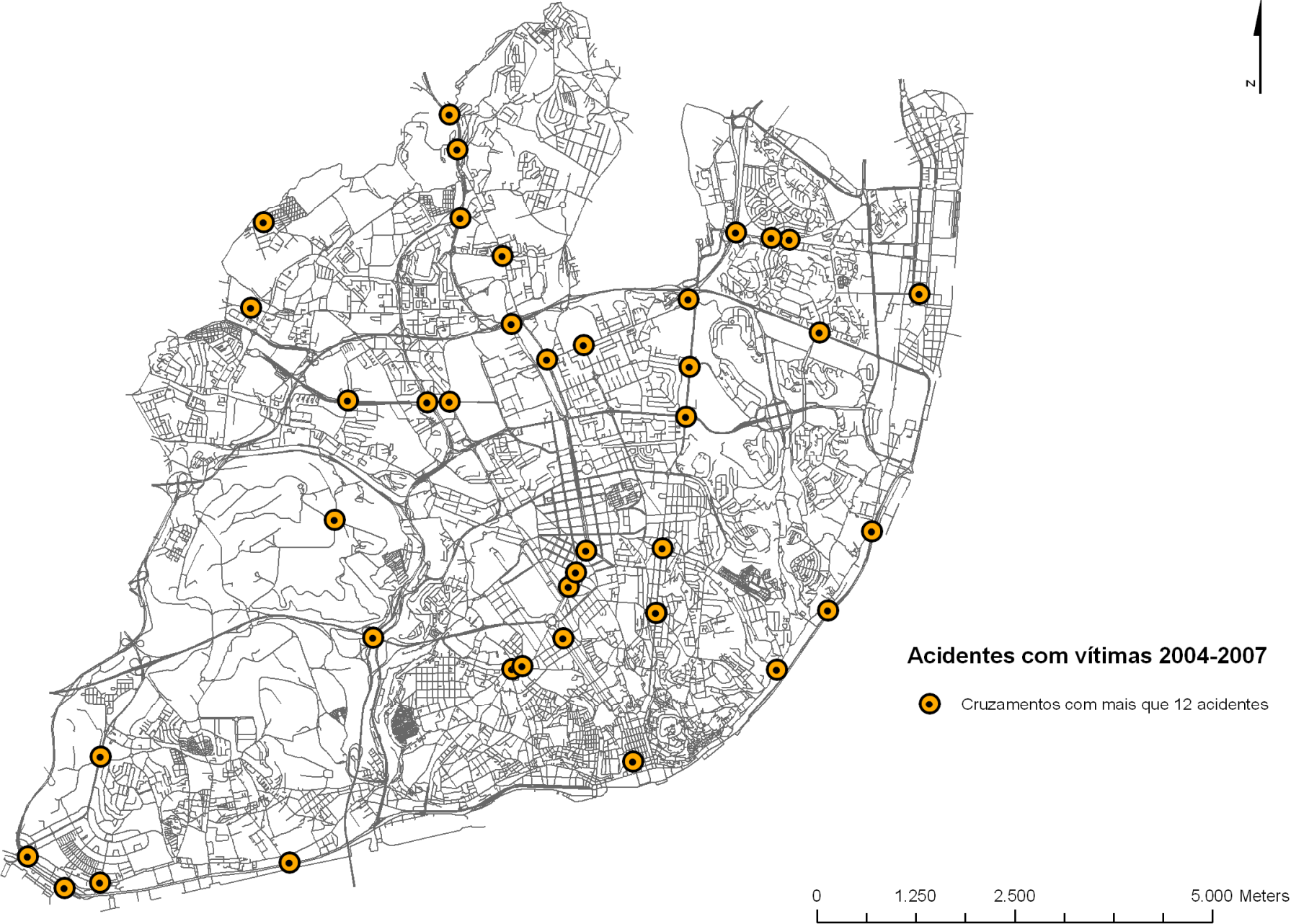


**Acidentes com vitimas 2004-2007**

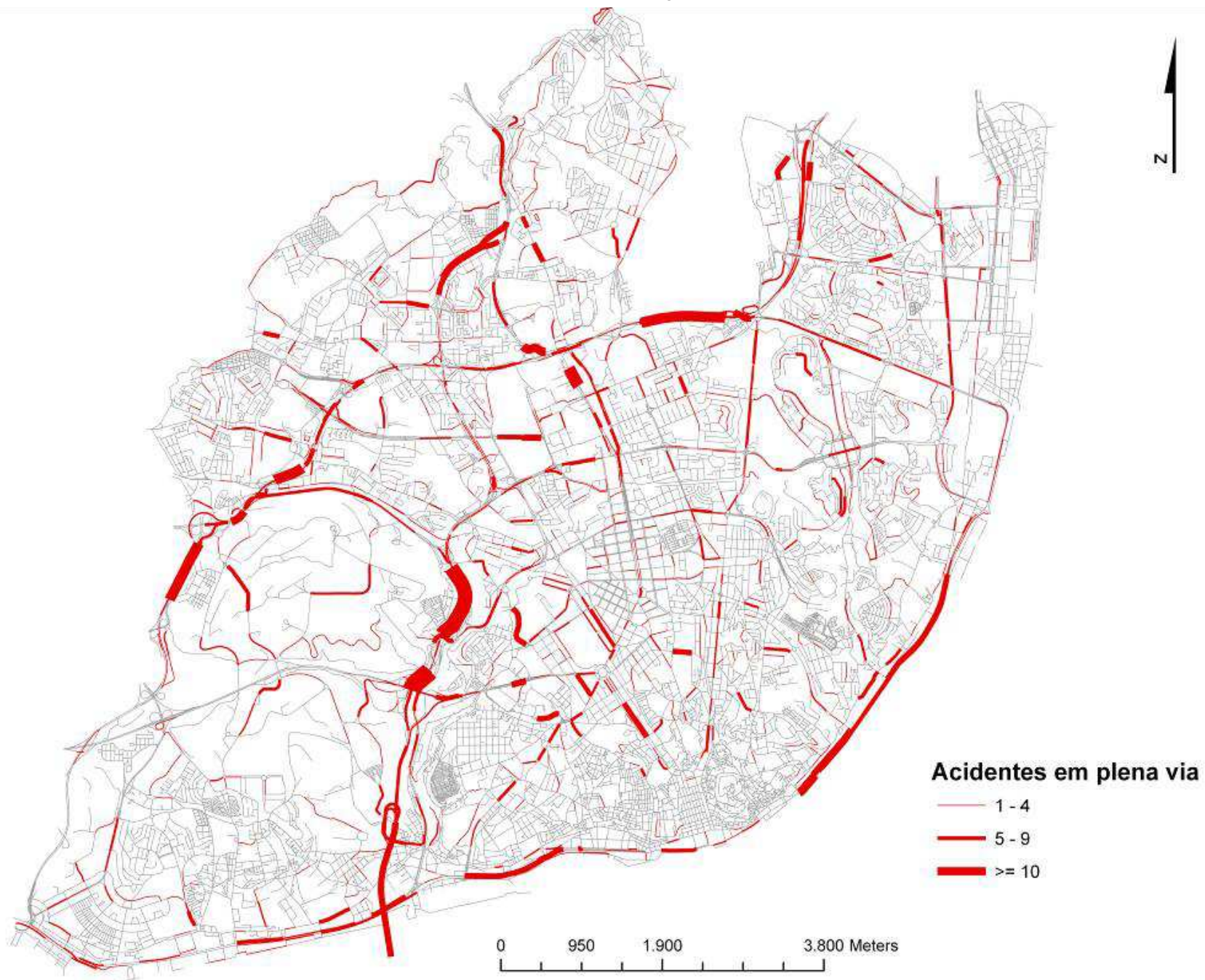
- Atropelamento, Bom Tempo
- Atropelamento, Chuva



Distribuição espacial das intersecções com mais de 12 acidentes com vítimas



## Número de acidentes fora de intersecções por trecho de arruamento



## Detalhe da localização de acidentes com a planimetria associada



### Acidentes com vítimas 2004-2007 Alameda das Linhas de Torres

#### Despistes

- ◆ Em pleno dia
- ◆ Noite

#### Colisões

- + Em pleno dia
- + Noite

#### Atropelamentos

- \* Em pleno dia
- \* Noite

## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: SIG

2

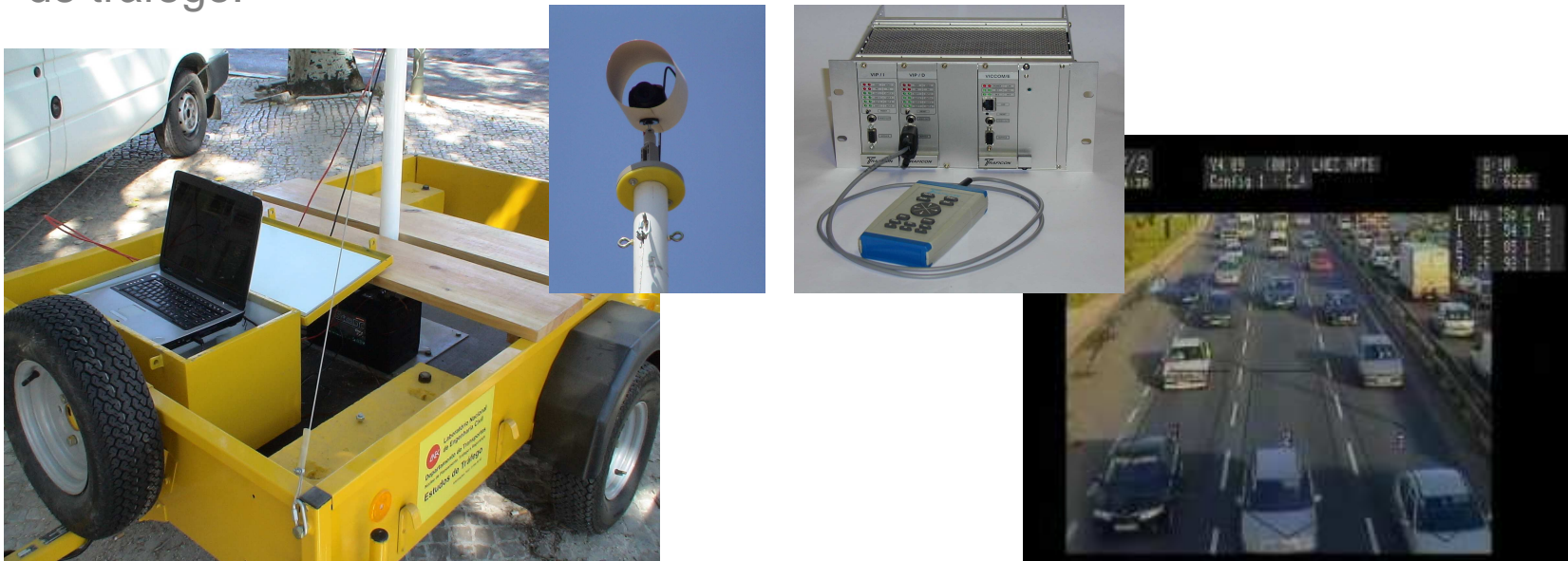
### Dados sobre tráfego rodoviário e pedonal

Os dados de tráfego pedonal foram obtidos exclusivamente mediante contagens.

3

Os dados de tráfego de veículos motorizados utilizados neste trabalho foram recolhidos através de dois métodos: contagens (manuais ou automáticas) e estimativas obtidas a partir de um modelo de afectação de tráfego.

4

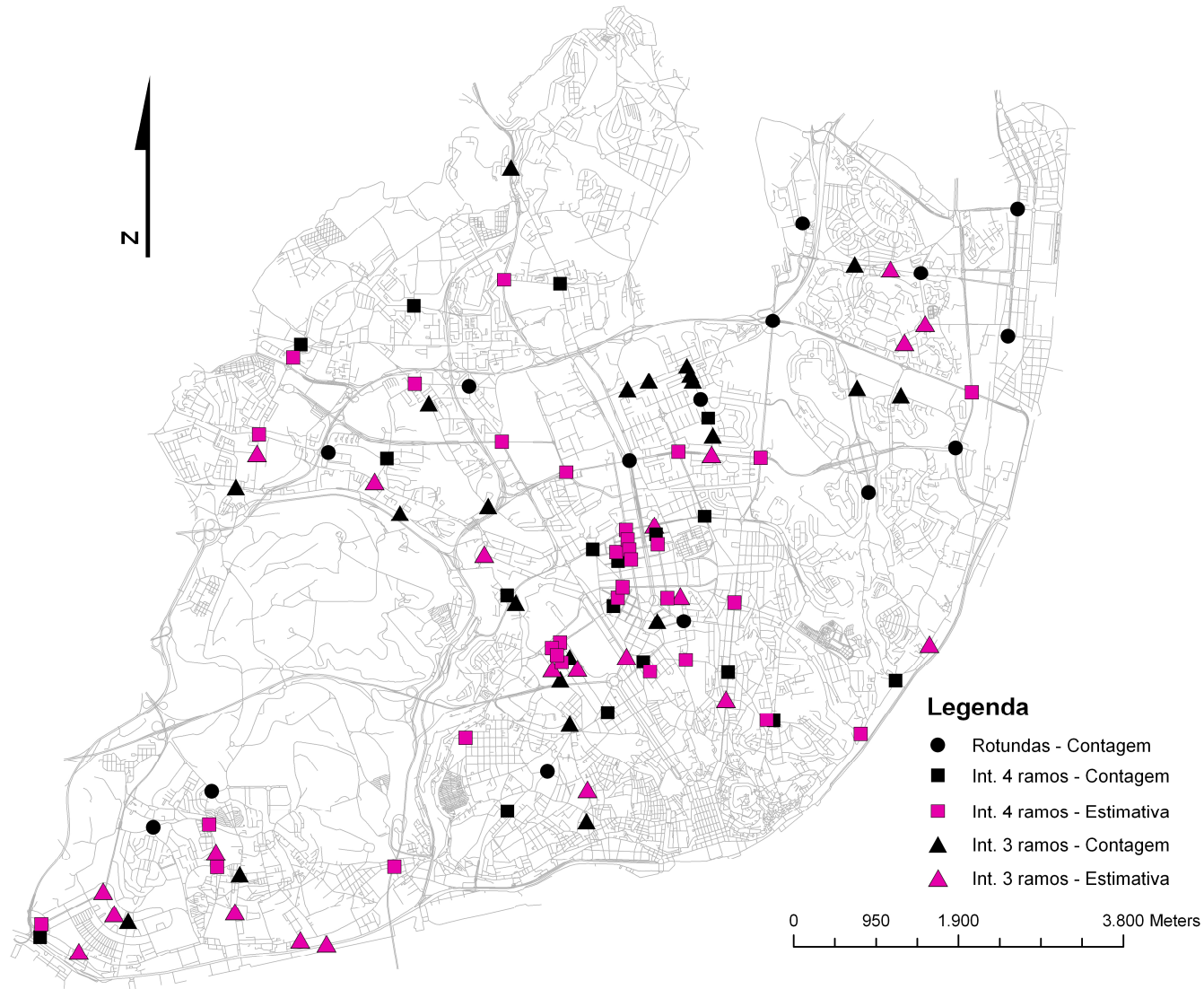


## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: SIG

2

3

4



## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: MEFA

2

### MEFA - Modelos de estimativa da frequência de acidentes

Funções matemáticas que descrevem a relação entre a segurança rodoviária e variáveis explicativas, como sejam o tráfego, a largura da via, o número de intersecções, etc.

3

$$A = \alpha \times T_1^\beta \times T_2^\beta \times e^{\sum y_i \cdot x_i}$$

4

O desenvolvimento dos MEFA foi efectuado através da utilização das técnicas de Modelação Linear Generalizada com uma componente de erro Binomial Negativa.

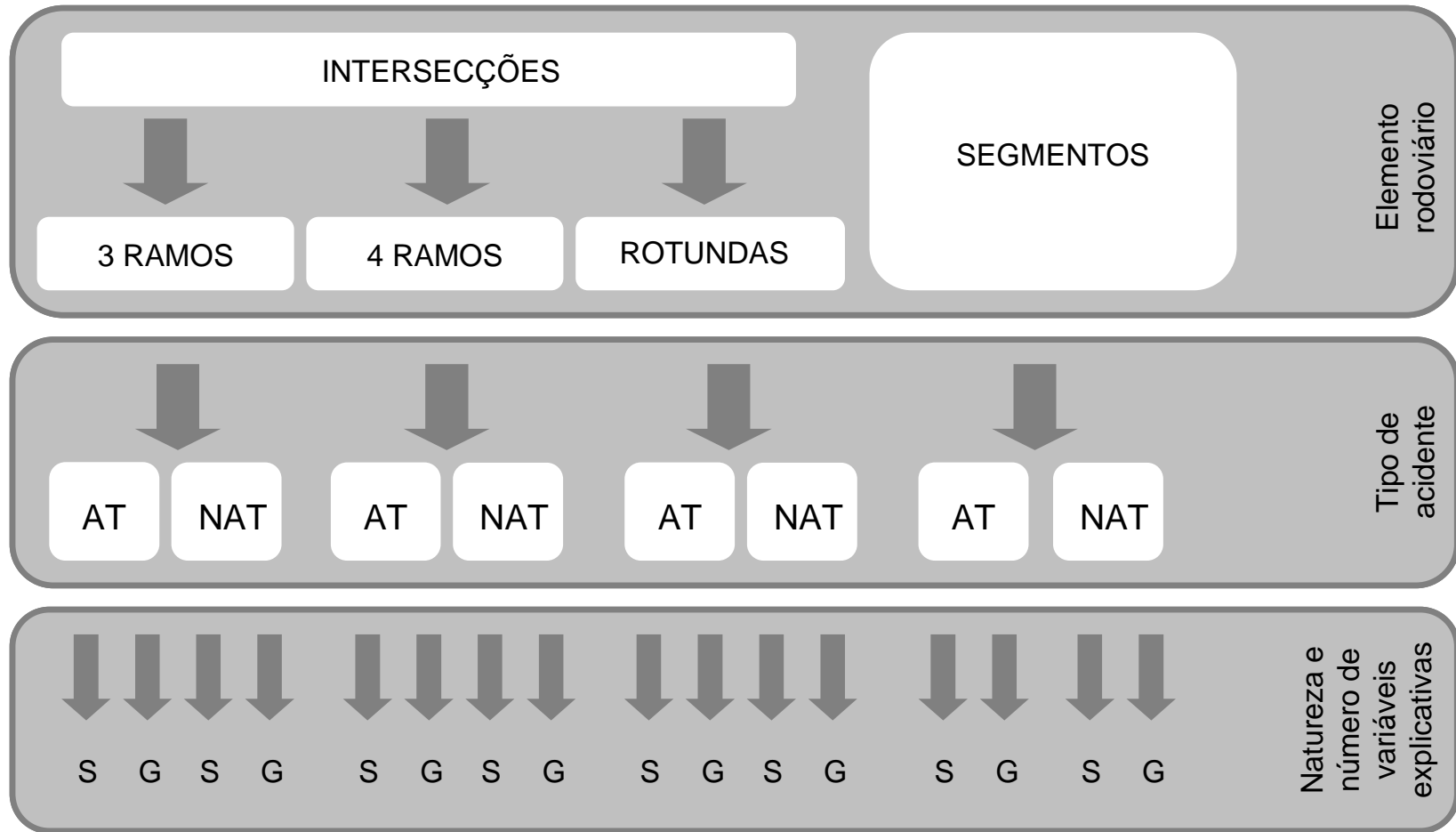


## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: MEFA – caso de Lisboa

2

3

4



AT – Atropelamentos

NAT – Acidentes com vítimas excluindo atropelamentos

S – Simplificado

G - Global

## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: MEFA – caso de Lisboa

2

### Características do ambiente rodoviário incluídas nos modelos

#### MEFAT

- Comprimento médio do atravessamento (por peões)
- Número médio e largura de ilhas no atravessamento
- Número de passagens de peões
- Número de ramos da intersecção;
- Largura de estacionamento;

3

4

#### MEFNAT

- Número e largura média das vias
- Presença de separador central
- Presença de vias exclusivas para viragem à esquerda ou à direita
- Número de ramos com sentido único
- Sistemas de controlo de tráfego
- Número de sentidos de circulação.
- Comprimento do segmento e largura dos separadores centrais ou ilhas
- Número de ramos da intersecção
- Número de vias do anel

## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: MEFA – caso de Lisboa

### Resumo dos modelos de estimativa da frequência de atropelamentos

Aplicação	Versão*	Equação	Qualidade do ajuste	$\alpha^c$
Intersecções de três ramos	S	$Y_i = 2,7856 \times 10^{-8} \times FT^{1.1475} \times PT^{0.5746}$	0.484 <sup>a</sup>	0.00027
	G	<i>Não ajustado</i>	-	-
Intersecções de quatro ramos	S	$Y_i = 6,3831 \times 10^{-10} \times FVP^{1.9624}$	0.559 <sup>b</sup>	0.43300
	G	<i>Não ajustado</i>	-	-
Intersecções de três e quatro ramos	S	$Y_i = 4.6776 \times 10^{-8} \times FT^{1.0785} \times PT^{0.5942}$	0.859 <sup>b</sup>	0.18200
	G	<i>Não ajustado</i>	-	-
Rotundas	S	$Y_i = 8,0494 \times 10^{-7} \times FVP^{1.2289}$	0.397 <sup>a</sup>	0.000053
	G	<i>Não ajustado</i>	-	-

(\*) – S: Simplificada; G: Global

a – R<sup>2</sup> ajustado; b – Índice de Elvik; c – Parâmetro de dispersão

## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: MEFA – caso de Lisboa

### Resumo dos MEFNAT

Aplicação	Versão(*)	Equação	Qualidade do ajuste	$\alpha^c$
Intersecções de três ramos	S	$Y_i = 4.7078 \times 10^{-6} \times FT^{1.1884}$	0.549 <sup>b</sup>	0.779
	G	$Y_i = 6,1021 \times 10^{-5} \times FT^{0.6346} \times e^{1.3004 \times LB + 0.7437 \times LWMAJ + 0.4882 \times RTPMAJ + 0.8482 \times TCD}$	0.790 <sup>b</sup>	0.364
Intersecções de quatro ramos	S	$Y_i = 3.8765 \times 10^{-5} \times FT^{1.167}$	0.641 <sup>b</sup>	0.390
	G	$Y_i = 4,6355 \times 10^{-4} \times FT^{0.5106} \times e^{0.7820 \times LB + 1.0614 \times LMAJT7 + 0.4847 \times LWMIN + 0.4616 \times RTPMIN - 0.6775 \times LOW}$	0.704 <sup>b</sup>	0.307
Intersecções de três e quatro ramos	S	$Y_i = 2,5333 \times 10^{-5} \times FT^{1.0592}$	0.508 <sup>b</sup>	0.695
	G	$Y_i = 5,2579 \times 10^{-5} \times FT^{0.8258} \times e^{0.4928 \times LMAJT7 + 0.2702 \times LWMAJ - 0.4365 \times MMAJ + 0.4922 \times RTPMAJ + 0.6815 \times LEG}$	0.640 <sup>b</sup>	0.509
Rotundas	S	$Y_i = 1,9488 \times 10^{-7} \times FT^{1.4985}$	0.636 <sup>b</sup>	0.424
	G	$Y_i = 2,3845 \times 10^{-8} \times FT^{1.5084} \times e^{0.5248 \times LEG}$	0.870 <sup>a</sup>	0.00003
Segmentos	S	$Y_i = 1,7411 \times 10^{-6} \times FT^{0.6230} \times L^{1.1979}$	0.903 <sup>b</sup>	0.207
	G	$Y_i = 3,8103 \times 10^{-6} \times FT^{0.4937} \times L^{1.2398} \times e^{0.4934 \times NLANES4}$	0.912 <sup>b</sup>	0.187

(\*) – S: Simplificada; G: Global

a - R<sup>2</sup> ajustado; b – Índice de Elvik; c – Parâmetro de dispersão

## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: MEFA – caso de Lisboa

2

### Resumo dos MEFNAT

Variáveis explicativas relacionadas com o ambiente rodoviário estatisticamente significantes e respectivo sinal identificadas nos vários modelos de estimativa da frequência de NAT

3

Variável	Intersecções				Segmentos
	3 Ramos	4 Ramos	3 e 4 Ramos	Rotundas	
Equilíbrio da intersecção em nº de vias	+	+			
Largura de via na direcção principal	+		+		
Largura de via na direcção secundária			+		
Presença de via de viragem à direita na direcção principal	+		+		
Presença de via de viragem à direita na direcção principal		+			
Presença de sinalização semafórica	+				
Presença de três ou mais vias de entrada na direcção principal		+	+		
Presença de quatro ou mais vias em ambos os sentidos					+
Número de ramos com sentido único		-			
Presença de separador central nos dois ramos da direcção principal			-		
Número de ramos da intersecção			+	+	

4

## 2.1 – A gestão da infraestrutura rodoviária: MEFA

2

### Aplicações do trabalho desenvolvido

3

Aplicação do **Método Empírico de Bayes** (MEB) multivariado na estimativa de frequências esperadas de acidentes, para análise quantitativa da sinistralidade (identificação de ZAA, estudos antes-depois, estimativa previsional de benefícios para selecção das medidas correctivas, mapas de risco, etc.).

4

O Método Empírico de Bayes (MEB) consiste num procedimento de estimativa da segurança que combina a frequência observada de acidentes com o número esperado de acidentes em entidades similares, o que permite melhorar a precisão das estimativas em presença de poucos dados de acidentes e eliminar o efeito de regresso à média.

**Estimativa da frequência esperada de acidentes para uma entidade =**  
factor x acidentes esperados em entidades similares + (1 – factor)  
x acidentes observados nesta entidade

### 3 - Exemplo de aplicação para Lisboa

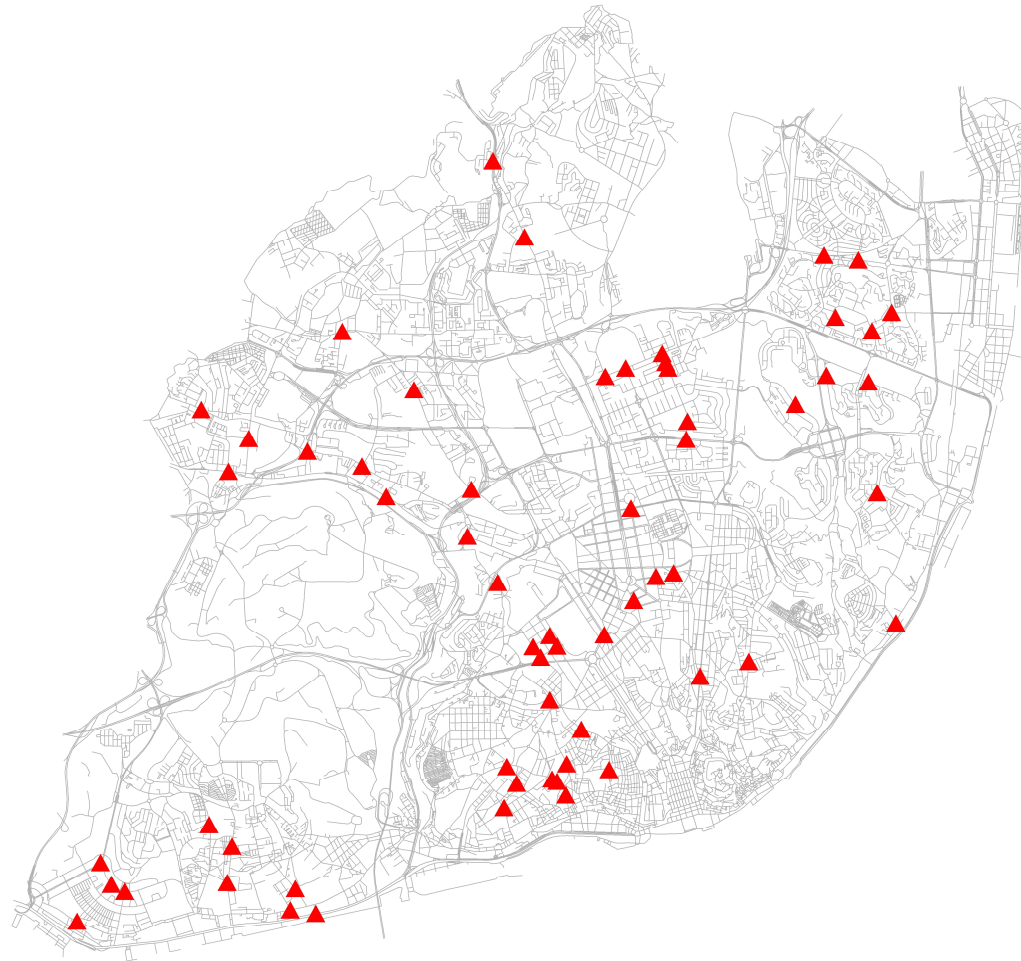
2

**Exemplo:**

Estimativa de frequências de acidentes com vítimas excluindo atropelamentos em intersecções de três ramos

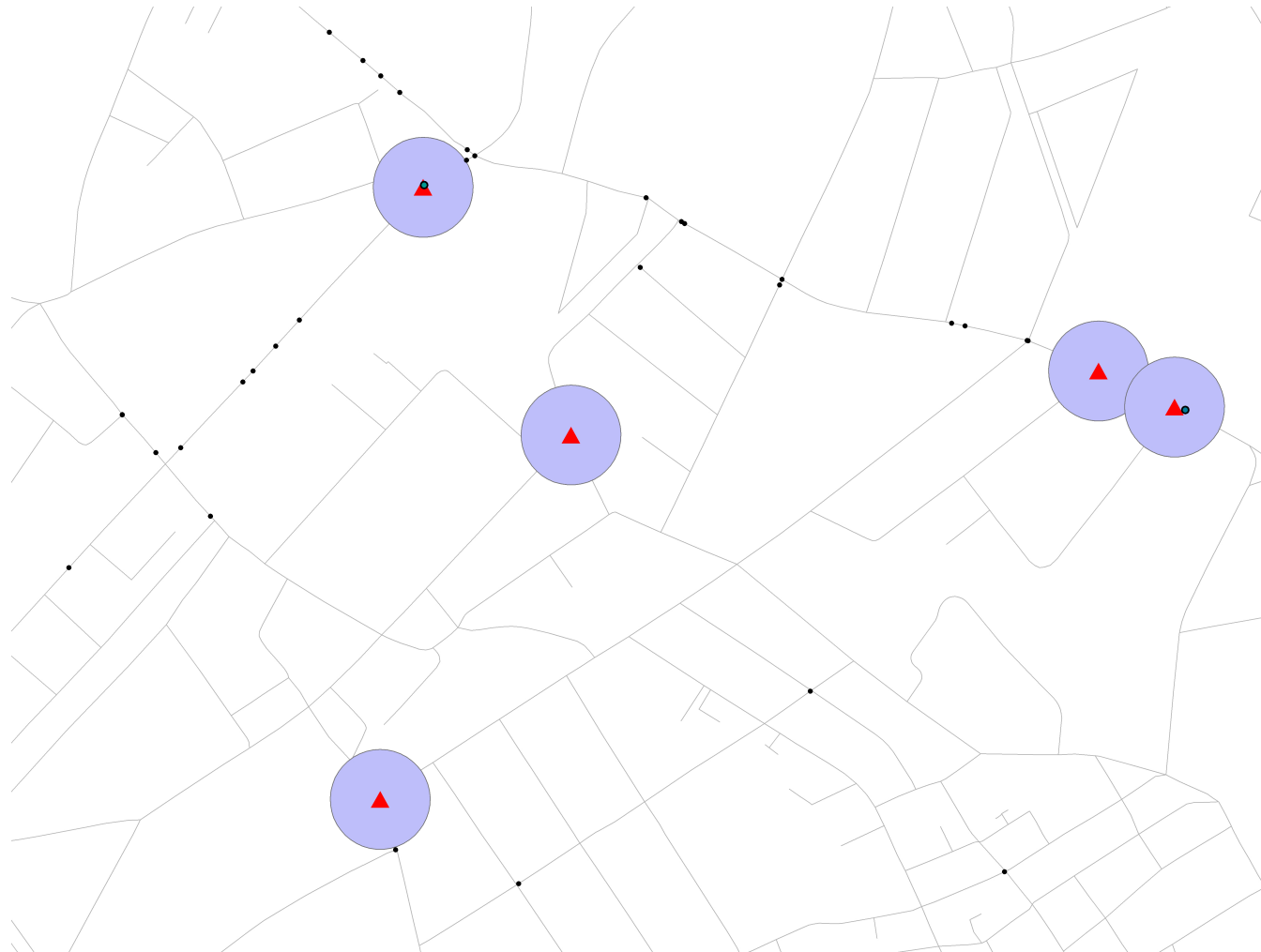
3

4



### 3 - Exemplo de aplicação para Lisboa

Definição de zonas de influência da intersecção e identificação dos acidentes ocorridos



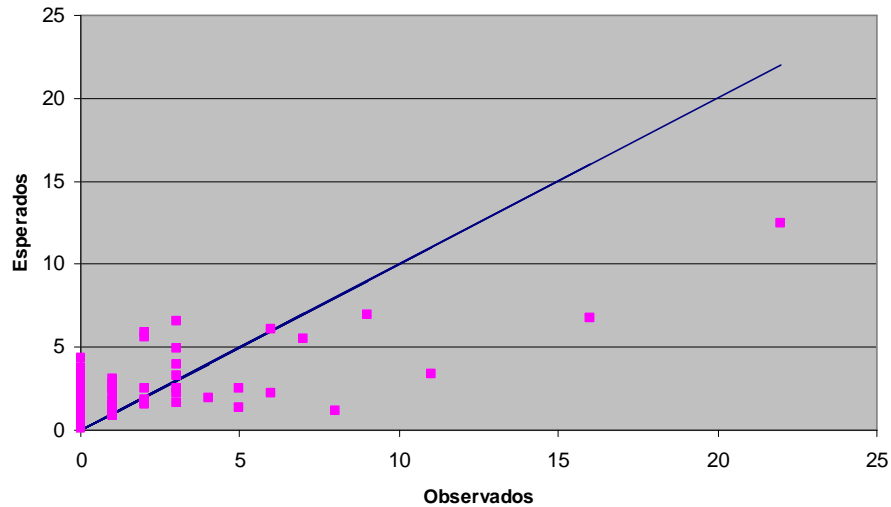
2

4



### 3 - Exemplo de aplicação para Lisboa

2

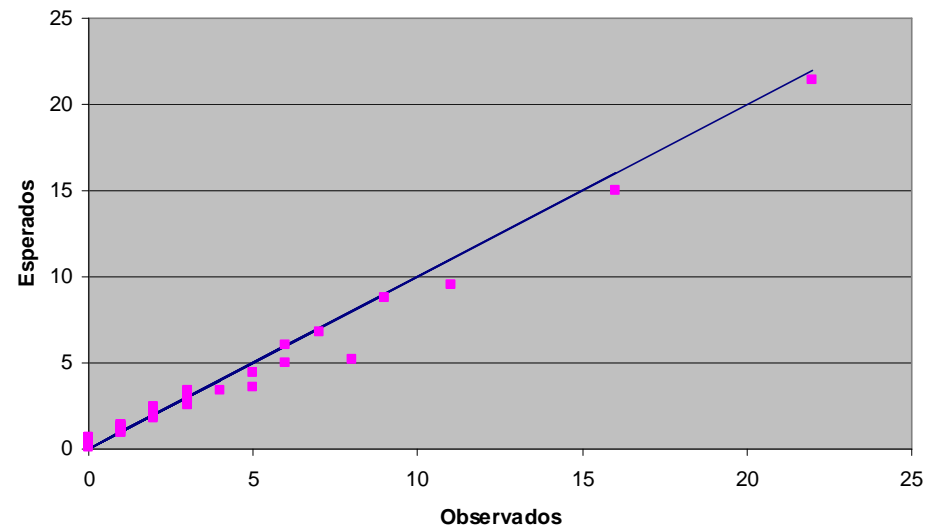


Acidentes observados em função dos acidentes esperados (4 anos), utilizado o modelo simplificado

$$Y_i = 4.7078 \times 10^{-6} \times FT^{1.1884}$$

4

Acidentes observados em função dos acidentes esperados, após a aplicação do MEB

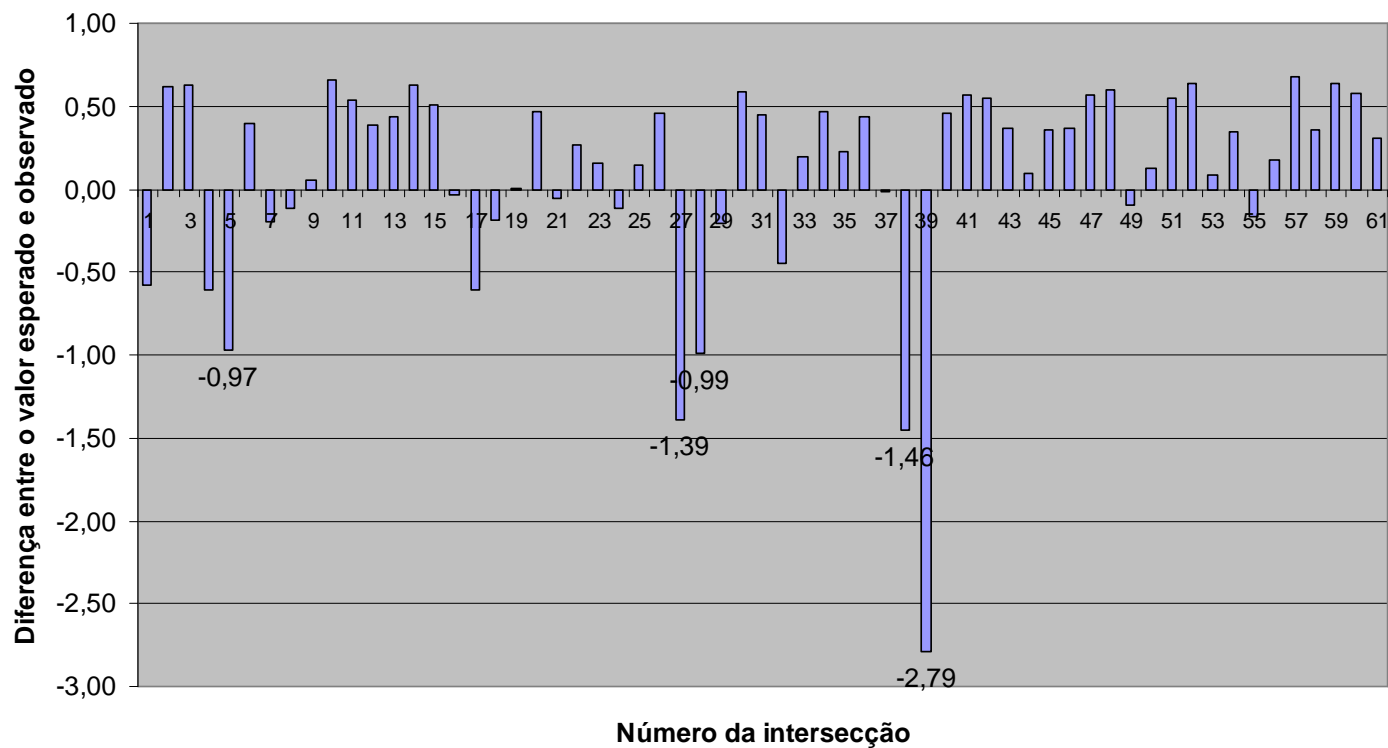


— Observados=esperados ■ Esperados após MEB

### 3 - Exemplo de aplicação para Lisboa

2

Identificação dos locais com acidentes acima do esperado



4

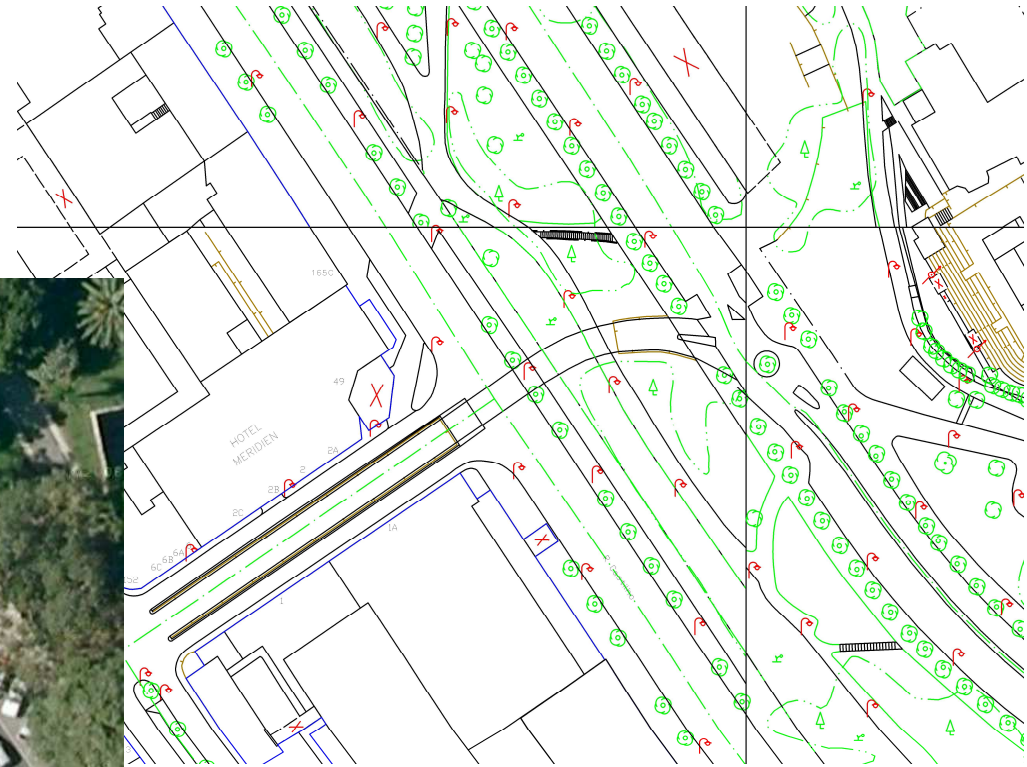
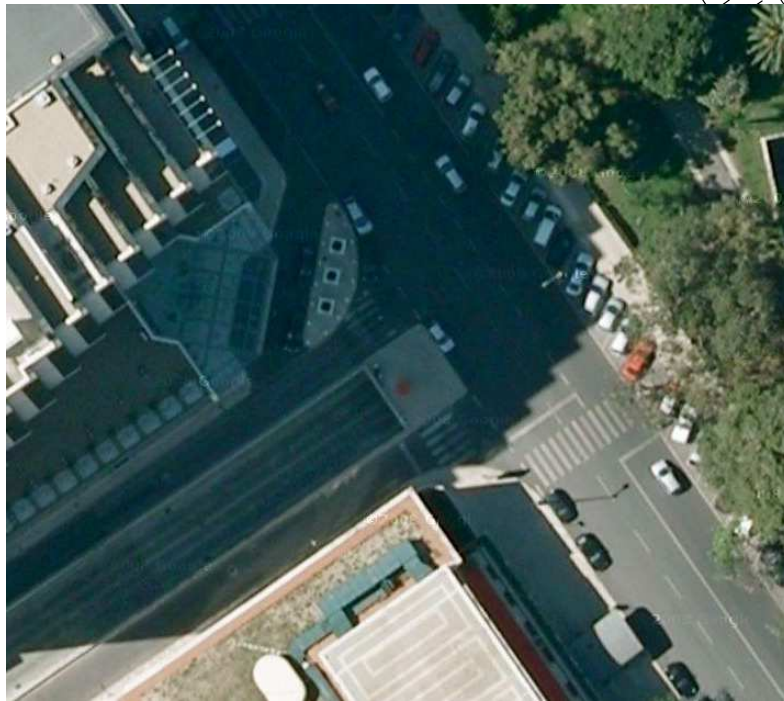
Nº	Local	$\Delta$
39	R Marques de Suberra x R Castilho	-2,79
5	Av. de Berlim X Av. Cidade Lourenco Marques	-0,97
28	Av Restelo x Av Descobertas	-0,99
38	Av India x R Mécia Mouzinho de Albuquerque	-1,46
27	Av de Berlim x Av Cidade de Gabela	-1,39

### 3 - Exemplo de aplicação para Lisboa

2

Diagnóstico pormenorizado de segurança  
Caracterização geométrica  
Observação de comportamento  
Proposta de intervenção

4



## 4 – Conclusões

2

Os estudos no domínio da sinistralidade rodoviária saem claramente beneficiados com a disponibilidade destas ferramentas.

3

A utilização de mapas digitais que contenham a informação sobre a localização exacta dos acidentes rodoviários e a consideração explícita dos aspectos da segurança nas tarefas de planeamento e gestão das redes viárias criam condições para melhorar a eficiência da intervenção em segurança rodoviária nas cidade.

4

A sua utilização na fase de planeamento permite fundamentar as decisões sobre os investimentos dos fundos públicos na gestão das infraestruturas rodoviárias e ao mesmo tempo contribuir para uma melhoria global do sistema rodoviário.



Obrigada

[sandravieira@Inec.pt](mailto:sandravieira@Inec.pt)

[jpcardoso@Inec.pt](mailto:jpcardoso@Inec.pt)



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL