

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Modelação Geoespacial dos Acidentes Rodoviários no Município de Lisboa

Joana Pimentel Contente Alves

Mestrado em Engenharia Geográfica

Trabalho de Projeto orientado por:
Prof^ª. Doutora Cristina Catita

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Modelação Geoespacial dos Acidentes Rodoviários no Município de Lisboa

Joana Pimentel Contente Alves

Mestrado em Engenharia Geográfica

Trabalho de Projeto orientado por:
Prof^ª. Doutora Cristina Catita

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à professora Cristina Catita por me ter proposto o tema e me ter aceitado orientar. O constante incentivo, positivismo e conhecimentos transmitidos ao longo deste percurso foram vitais para conseguir levar este projeto até ao fim. Não posso deixar também de agradecer a todos os professores da licenciatura e mestrado em Engenharia Geográfica.

Desde o início do meu percurso académico que conto com quatro pessoas fundamentais e a quem deixo um agradecimento especial: às minhas amigas Carolina, Catarina, Filipa e Inês por todo o carinho, conselhos sábios, apoio, ajuda e paciência que me deram ao longo destes anos, nos bons e maus momentos e principalmente nesta reta final.

Tenho também de deixar uma palavra ao meu amigo Castanheiro de quem gosto tanto e que sempre carinhosamente me tirou o juízo, mas com o qual também sempre pude contar. Quero ainda agradecer aos meus restantes amigos e colegas Luís, Susana, Mariana, Fábio, Duarte, Miguel, Nuno, Daniel e Ângelo, por me acompanharem nesta fase e pelas palavras e bons momentos partilhados que me ajudaram a fugir ao stress desta última fase.

Às minhas amigas Terceirenses Carolina, Rita, Inês, Teresa, Daniela e Margarida que sempre se preocuparam e me incentivaram, e em particular à Caroline que, mesmo estando longe, teve sempre os melhores conselhos e me deu sempre o apoio necessário para concluir esta jornada e à qual estarei sempre grata.

Aos meu pais e irmã, que adoro, pela paciência, apoio incondicional em todos os momentos e por me proporcionarem todas as condições para ter sucesso no meu percurso académico e pessoal. E por fim à minha grande família que igualmente adoro e que também me ajudaram a chegar até aqui.

Resumo

Os acidentes rodoviários são, nos dias de hoje, um grave problema dos espaços de utilização pública, em particular das nossas cidades, o que tem levado ao desenvolvimento de diversos esforços para reduzir a sinistralidade nas estradas, quer a nível mundial, quer em Portugal. Entender a distribuição destes eventos no espaço e no tempo, permite otimizar não só as medidas de prevenção e segurança das entidades responsáveis, como também melhorar o planeamento e a gestão do tráfego nas cidades. O trabalho apresentado neste documento reporta-se ao estudo da distribuição espacial e temporal, dos acidentes rodoviários, no Município de Lisboa, que foram cedidos pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), ocorridos entre 2005 a 2014 e pretende-se assim com este trabalho analisar quais as zonas do município com maior ocorrência de acidentes e investigar se existe alguma correlação espacial com a sua densidade e a natureza dos mesmos.

Para tal, a análise foi realizada em duas fases distintas. Inicialmente estudaram-se os acidentes por estrada, usando para o efeito os dados entre 2005 e 2014, permitindo a identificação das estradas onde a frequência destes eventos é maior. Esta análise identificou as estradas mais problemáticas, uma vez que era desconhecida a localização exata do acidente devido à falta de rigor posicional com que os eventos foram geocodificados pelas autoridades. Esta situação foi, no entanto, colmatada a partir de 2014, onde a análise espacial dos acidentes pôde ser realizada ao local, uma vez que os dados continham informação da referência espacial do acidente, usando para o efeito as respetivas coordenadas geográficas, permitindo assim uma análise mais detalhada ao local do acidente. Foram aplicados diferentes métodos de análise aos dados, espacial e temporalmente, como o Índice Segurança Rodoviária Municipal (ISRM) e o Estimador de Densidade de *Kernel*.

O conjunto de análises efetuado permitiu a determinação das estradas consideradas pontos negros da rede rodoviária do município, levando a uma caracterização das mesmas de forma a detalhar medidas que possam mitigar os eventuais problemas. Os produtos finais obtidos, isto é, o mapa de estradas com frequência de acidentes e o mapa de troços de locais problemáticos, visam ser uma ferramenta de apoio para as entidades responsáveis de segurança rodoviária de modo a implementarem medidas adequadas a cada caso.

Palavras Chave: Acidentes rodoviários, SIG, estimador densidade de *Kernel*, pontos negros; análise espacial.

Abstract

Road accidents are, nowadays, a serious issue in our used areas, particularly in the cities, leading towards the development of efforts to reduce road accidents, in the world and in Portugal. Understanding the distribution of this events both in space and time, allows not only to optimize the prevention and security measures of the entities involved, but also to improve the planning and management of the traffic in the cities. The work presented in this document refers to the study of the spatial and temporal distribution, of the road accidents, in the city of Lisbon, that occurred between 2005 and 2014 and here provided pela the national highway safety authority (ANSR). The aim of this project is to analyse which areas of the city accidents occur the most and investigate if there is any spatial correlation between the density of the accidents and their nature. To do this, accidents are studied by type of accident and by several time periods.

The analysis was performed in two distinct phases. Initially, accidents were studied by road segments, using data between 2005 and 2014, allowing to identify which roads have higher frequencies of those events. This analysis allowed the identification of the most hazardous roads, but it was not possible to determine the exact location of the accident, due to the lack of the precision with which the events were georeferenced by the authorities. This situation was, however, completed with the 2014 data, where the spatial analysis was conducted locally, since the data already contained the information related to the spatial reference of the accident using the respective geographic coordinates, allowing a more detailed analysis. Different methods are applied to the accidents data, spatially and temporally, such as the Municipal Road Safety Index (ISRM) or the Kernel Density Estimation.

All the analysis applied to the data allowed the determination of the roads considered as black spots, leading to a characterization of them with the aim of detailing measures that might mitigate possible problems. The final products obtained, the map with the frequency of accidents and the map with the problematic segments of roads, aim to be a tool for the responsible authorities to implement the proposed measures.

Key words: Road accidents, GIS, Kernel Density Estimation, Blackspots; Spatial Analysis.

Índice

1. Introdução	13
1.1. Enquadramento.....	13
1.2. Objetivos	17
1.3. Contribuição Científica	18
1.4. Estrutura da Tese	19
2. Estado da Arte	20
2.1. Breve revisão bibliográfica de casos de estudo.....	20
2.2. Estimador densidade de Kernel para a análise de acidentes rodoviários.....	25
3. Metodologia de trabalho para a Análise de Acidentes Rodoviários no Município de Lisboa	28
3.1. Caracterização da área de estudo	28
3.2. Descrição dos Dados dos acidentes rodoviários	31
3.3. Metodologia Analítica	31
3.3.1. Pré-Processamento dos dados.....	32
3.3.1.1. Dados dos acidentes rodoviários.....	32
3.3.1.2. Geocodificação dos dados dos acidentes rodoviários.....	32
3.3.1.3. Rede Viária.....	33
3.3.2. Análise estatística dos acidentes rodoviários da série temporal 2005 – 2014.....	35
3.3.2.1. Número de acidentes por ano.....	35
3.3.2.2. Número de acidentes por estações do ano.....	36
3.3.2.3. Número de acidentes por dia da semana	36
3.3.2.4. Número de acidentes por período do dia.....	37
3.3.2.5. Número de acidentes por hora	37
3.3.2.6. Número de acidentes por tipo de acidente	38
3.3.2.7. Número de acidentes por tipo e pormenor de acidente	39
3.3.2.8. Número de acidentes por condições atmosféricas	40
3.3.2.9. Número de acidentes por hora e luminosidade	40
3.3.2.10. Número de acidentes por dia da semana e período do dia.....	42
3.3.3. Análise dos dados por freguesia (2005-2014).....	42
3.3.3.1. Análise por tipo de acidente.....	44
3.3.3.2. Análise de acidentes por ano.....	45
3.3.3.3. Análise de acidentes por estação do ano	47
3.3.3.4. Análise de acidentes por dia da semana	48
3.3.3.5. Análise de acidentes por período do dia	50
3.3.4. Análise dos acidentes por estrada	51

3.3.4.1. Análise por tipo de acidente.....	53
3.3.4.2. Análise por ano.....	54
3.3.4.3. Acidentes por estação do ano.....	56
3.3.4.4. Acidentes por dia da semana.....	57
3.3.4.5. Acidentes por período do dia.....	59
3.3.5. Identificação de estradas problemáticas com ISRM	60
3.3.6. Análise dos acidentes por local da ocorrência (2014).....	61
3.3.6.1. Análise por tipo de acidente.....	62
3.3.6.2. Análise por estação do ano	63
3.3.6.3. Análise por Dia da Semana.....	64
3.3.6.4. Análise por Período do Dia.....	66
3.3.7. Caracterização de vias e propostas de intervenção	67
3.3.7.1. Avenida General Norton de Matos	68
3.3.7.2. Avenida Infante Dom Henrique.....	70
3.3.7.3. Avenida Vinte e Quatro de Julho.....	71
3.3.7.4. Eixo Norte-Sul.....	73
3.3.7.5. Autoestrada 5.....	74
3.3.7.6. Avenida de Berlim.....	76
3.3.7.7. Avenida da República.....	77
3.3.7.8. Avenida Marechal Craveiro Lopes	79
3.3.7.9. Avenida Almirante Reis.....	81
3.3.7.10. Avenida da Índia.....	82
3.3.8. Mapa de Troços e Estradas Problemáticas.....	83
4. Conclusões e Perspetivas Futuras.....	85
4.1. Conclusões	85
4.2. Perspetivas/Propostas Futuras	86
5. Referências bibliográficas	87
6. Anexos	90
6.1. Mapa de frequência de acidentes global	91
6.2. Mapa de estradas e troços problemáticos.....	92
6.3. Boletim Estatístico de Acidentes de Viação	93
6.4. Exemplo conjunto de dados fornecidos pela ANSR para o ano 2005	95
6.5. Cálculo ISRM.....	96

Lista de Figuras

Figura 1.1. Dez principais causas de morte de pessoas entre 15-29 anos em 2012 (adaptado de WHO, 2015).....	13
Figura 1.2. Número de mortes nas estradas mundialmente entre 2001 e 2013 (adaptado WHO, 2015).....	13
Figura 1.3. Fatalidades nas estradas da União Europeia entre 1990 e 2010 (EC, 2010)	14
Figura 1.4. Taxa de fatalidades por Estrado Membro de 2010 e 2014 (fonte: EC,2015)	15
Figura 1.5. Acidentes com vítimas e evolução das vítimas mortais entre 2005-2014 em Portugal (adaptado de ANSR, 2014)	16
Figura 1.6. Metodologia de trabalho adotada	18
Figura 2.1. Crimes de propriedade por 1000 residentes em Brisbane (Murray et al., 2001)	20
Figura 2.2. Número de acidentes fatais por condado no ano 2000 (Aguero-Valverde e Jovanis, 2006)	21
Figura 2.3. Agrupamento k-means de acidentes envolvendo pedestres (fonte: Kim e Yamashita, 2007)	22
Figura 2.4. Hotspots obtidos com o Estimador Densidade de Kernel (fonte: Erdogan et al, 2008)	23
Figura 2.5. Estimador densidade de Kernel (Prasannakumar et al., 2011).....	24
Figura 2.6. Análise de Hotspots (Getis-Ord Gi*)	25
Figura 2.7. Estimador de Kernel de uma análise de pontos	26
Figura 2.8. Teste de larguras de banda. a) 150 metros, b) 500 metros, c) 1000 metros	27
Figura 3.1: Área de estudo correspondente ao Município de Lisboa	29
Figura 3.2. Rede Viária do Município de Lisboa.....	30
Figura 3.3. Avenida 24 de Julho antes e após correção topológica.....	33
Figura 3.4 Ilustração do problema 1 (acidentes a azul e soluções a vermelho).....	34
Figura 3.5. Ilustração do problema 4 (acidentes a azul e solução a vermelho)	34
Figura 3.6. Rede viária e acidentes rodoviários	35
Figura 3.7. Número de acidentes por ano	36
Figura 3.8. Número de acidentes por estação do ano.....	36
Figura 3.9: Número de acidentes por dia da semana	37
Figura 3.10: Número de acidentes por período do dia	37
Figura 3.11: Número de acidentes por hora.....	38
Figura 3.12: Número de acidentes por tipo de acidente	39
Figura 3.13: Número de acidentes por tipo e pormenor do acidente.....	40
Figura 3.14: Número de acidentes por condições atmosféricas	40
Figura 3.15: Número de acidentes por hora e luminosidade.....	41
Figura 3.16: Número de acidentes por dia da semana e período do dia	42
Figura 3.17: Número de acidentes por freguesia	43
Figura 3.18. Número de acidentes por fatalidades e feridos a) mortos; b) feridos graves; c) feridos ligeiros	44
Figura 3.19. Número de acidentes ocorridos por tipo de acidente. a) Atropelamento; b) Colisão; c) Despiste.....	45
Figura 3.20. Número de acidentes ocorridos por ano. a) 2005, b) 2006, c) 2007, d) 2008, e) 2009, f) 2010, g) 2011, h) 2012, i) 2013, j) 2014.....	47
Figura 3.21. Número de acidentes ocorridos por estação do ano. a) Primavera, b) Verão, c) Outono; d) Inverno	48
Figura 3.22. Número de acidentes por dia da semana. a) Segunda; b) Terça; c) Quarta; d) Quinta; e) Sexta; f) Sábado; g) Domingo	50

Figura 3.23. Número de acidentes ocorridos por período do dia	51
Figura 3.24. Ilustração do processo de duplicação de IDs por intersectar com duas estradas	51
Figura 3.25. Acidentes ao nível da estrada	53
Figura 3.26. Acidentes ao nível da estrada por tipo. a) Atropelamento; b) Colisão; c) Despiste	54
Figura 3.27. Acidentes ao nível da estrada por ano. a) 2005, b) 2006, c) 2007, d) 2008, e) 2009, f) 2010, g) 2011, h) 2012, i) 2013, j) 2014.....	56
Figura 3.28. Acidentes ao nível da estrada por estação do ano. a) Primavera, b) Verão, c) Outono, d) Inverno	57
Figura 3.29. Acidentes ao nível da estrada por dia da semana. a) Segunda; b) Terça; c) Quarta; d) Quinta; e) Sexta; f) Sábado; g) Domingo	59
Figura 3.30. Acidentes ao nível da estrada por período do dia. a) Madrugada, b) Manhã, c) Tarde, d) Noite.....	60
Figura 3.31. Estimador densidade dos acidentes de 2014.....	62
Figura 3.32. Estimador densidade dos acidentes do ano 2014 por tipo de acidente. a) Atropelamento; b) Colisão; c) Despiste.....	63
Figura 3.33. Estimador Densidade de Kernel dos acidentes 2014 por estação do ano. a) Primavera, b) Verão, c) Outono, d) Inverno	64
Figura 3.34. Estimador densidade dos acidentes de 2014 por dia da semana. a) Segunda; b) Terça; c) Quarta; d) Quinta; e) Sexta; f) Sábado; g) Domingo	66
Figura 3.35. Estimador densidade dos acidentes de 2014 por período do dia. a) Madrugada; b) Manhã; c) Tarde; d) Noite	67
Figura 3.36. Evolução do ISRM das vias ao longo dos anos	68
Figura 3.37. Avenida General Norton de Matos	69
Figura 3.38. Dados estatísticos da Avenida General Norton de Matos. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	69
Figura 3.39. Zonas problemáticas da Avenida General Norton de Matos. a) Zona da Estrada de Benfica, b) Zona do Campo Grande	70
Figura 3.40. Avenida Infante Dom Henrique	70
Figura 3.41. Dados estatísticos da Avenida Infante Dom Henrique. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	71
Figura 3.42. Avenida Vinte e Quatro de Julho	72
Figura 3.43. Dados estatísticos da Avenida Vinte e Quatro de Julho. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	72
Figura 3.44. Eixo Norte-Sul	73
Figura 3.45. Dados estatísticos do Eixo Norte-Sul. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	74
Figura 3.46. Zonas problemáticas do Eixo Norte-Sul. a) Zona do Viaduto Duarte Pacheco, b) Zona de Campolide	74
Figura 3.47. Autoestrada 5 (A5).....	75
Figura 3.48. Dados estatísticos da A5. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	75
Figura 3.49. Zona problemática da A5	76
Figura 3.50. Avenida de Berlim	76

Figura 3.51. Dados estatísticos da Avenida de Berlim. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	77
Figura 3.52. Avenida da República	78
Figura 3.53. Dados estatísticos da Avenida da República. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	79
Figura 3.54. Zona problemática da Avenida da República	79
Figura 3.55. Avenida Marechal Craveiro Lopes	80
Figura 3.56. Dados estatísticos da Avenida Marechal Craveiro Lopes. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	80
Figura 3.57. Avenida Almirante Reis	81
Figura 3.58. Dados estatísticos da Avenida Almirante Reis. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	82
Figura 3.59. Avenida da Índia	82
Figura 3.60. Dados estatísticos da Avenida da Índia. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora	83
Figura 3.61. Mapa de Troços e Estradas Problemáticas	84

Lista de Tabelas

Tabela 1.1. Acidentes e vítimas: 2005-2014 (adaptado de ANSR,2014).....	15
Tabela 1.2. Medidas de segurança rodoviária (ANSR, 2014).....	16
Tabela 3.1. Caracterização do número de quilómetros de rede viária por freguesia	30
Tabela 3.2. Descrição dos dados fornecidos por ano	33
Tabela 3.3. Descrição em percentagem dos dados por ano.....	33
Tabela 3.4. Número de acidentes por ano.....	36
Tabela 3.5. Número de acidentes por mês	36
Tabela 3.6. Número de acidentes por dia da semana	37
Tabela 3.7. Número de acidentes por período do dia.....	37
Tabela 3.8 Número de acidentes por hora	38
Tabela 3.9. Número de acidentes por tipo de acidente	39
Tabela 3.10. Número de acidentes por tipo e pormenor do acidente	39
Tabela 3.11. Número de acidentes por fatores atmosféricos.....	40
Tabela 3.12. Número de acidentes por hora e luminosidade.....	41
Tabela 3.13. Número de acidentes por dia da semana e período do dia.....	42
Tabela 3.14. Frequência e Densidade de acidentes por freguesia	42
Tabela 3.15. Exemplo de resultados obtidos com a ferramenta Fuzzy Look Up	52
Tabela 3.16. Estradas identificadas com o ISRM	60
Tabela 3.17. Frequência e Densidade dos acidentes de 2014 por freguesia	61
Tabela 3.18. Tabela resumo das vias caracterizadas como pontos negros	67

Acrónimos

AML	Área Metropolitana de Lisboa
ANSR	Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária
BEAV	Boletim Estatístico de Acidentes de Viação
CML	Câmara Municipal de Lisboa
ENSR	Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária
FG	Feridos Graves
FL	Feridos Leves
GNR	Guarda Nacional Republicana
ID	Identificador Único
IG	Indicador de Gravidade
ISRM	Índice de Segurança Rodoviária Municipal
INE	Instituto Nacional de Estatística
IP	Itinerário Principal
ISRM	Índice de Segurança Rodoviária Municipal
OMS	Organização Mundial de Saúde
PMSR	Planos Municipais de Segurança Rodoviária
PSP	Polícia de Segurança Pública
SIG	Sistemas de Informação Geográfica

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Nos dias de hoje, um dos maiores flagelos da sociedade moderna são os acidentes rodoviários. O constante desenvolvimento e crescimento da população, o número de veículos motorizados e as redes de estradas, assim como o fluxo de veículos que circulam contribuem para o problema em questão. Um acidente rodoviário pode ocorrer em qualquer lugar e/ou a qualquer hora, mas existem fatores que contribuem para que certos eventos aconteçam em determinados locais. Por esses motivos, os acidentes não se distribuem da mesma forma em todas as estradas, apresentando em algumas zonas agrupamentos, frequentemente revelados através de análises espaço-temporais.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que, todos os anos, a nível mundial, cerca de 1.2 milhões de pessoas percam as vidas devido aos ferimentos causados por sinistros automóveis, sendo a maior causa de morte entre jovens com idades compreendidas entre os 15 e 29 anos (WHO, 2015). Os resultados dos acidentes de viação são assoladores, não só pela perda de vidas humanas, como têm consequências monetárias devido aos danos causados.

Como mostram as Figura 1.1 e Figura 1.2, nos últimos anos, os números associados às mortes nas estradas têm vindo a estabilizar, apesar do constante crescimento da população e do número de veículos motorizados em circulação, mas não apresentam tendência para diminuir.

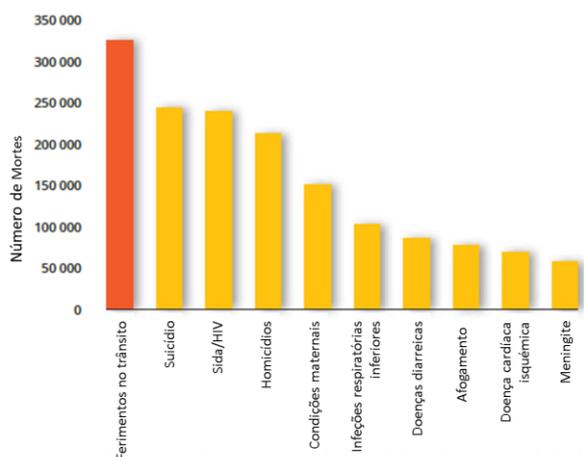


Figura 1.1. Dez principais causas de morte de pessoas entre 15-29 anos em 2012 (adaptado de WHO, 2015)

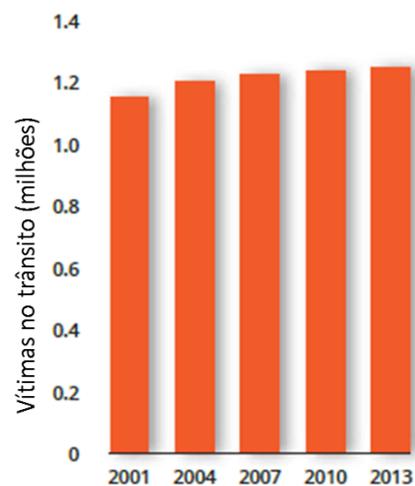


Figura 1.2. Número de mortes nas estradas mundialmente entre 2001 e 2013 (adaptado WHO, 2015)

Conscientes deste problema, as organizações responsáveis pela prevenção e segurança rodoviária têm-se dedicado à criação e implementação de medidas de prevenção e sensibilização dos condutores. Estes esforços refletem-se na elaboração e implementação de programas como o *Road Safety Programme* criado pela Comissão Europeia (EC, 2010a) ou ao nível nacional o PENSE 2020 - Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR, 2016). Este último documento refere que “tem como objetivo continuar a aproximar, no seu período de vigência, os indicadores nacionais de sinistralidade rodoviária da média europeia e, a médio prazo, dos países com melhor desempenho histórico nesses indicadores” através de cinco objetivos estratégicos:

1. melhorar a gestão da segurança rodoviária;
2. utilizadores mais seguros
3. infraestrutura mais segura;
4. veículos mais seguros;

5. melhorar a assistência e o apoio às vítimas.

Na União Europeia, têm sido feitas melhorias significativas nos números da sinistralidade. Verifica-se, que no período compreendido entre 1990 e 2010, a tendência deste tipo de eventos tem vindo a diminuir (Figura 1.3). A redução de sinistros está diretamente relacionada não só com a melhoria das estradas e veículos, mas também com as já referidas campanhas de sensibilização e prevenção.

A Comissão Europeia definiu, em 2001, e adotou o programa de ação europeu de segurança rodoviária, cujo objetivo consistia em diminuir o número de fatalidades nas estradas em 50% até 2010. Apesar deste objetivo não ter sido atingido, foram feitos diversos avanços consideráveis no melhoramento da segurança rodoviária ao nível europeu (EC, 2010b), tais como a diminuição do número de fatalidades em 40% e a diminuição da média de mortos nas estradas por um milhão de habitantes de 113 em 2001 para 69 em 2009 para os 27 estados membros. Considerando as melhorias, é dado seguimento ao anterior programa, com um novo plano e novos objetivos detalhados para o período entre 2011 e 2020, onde são propostas novas metas a atingir e novas medidas de segurança, que incluem melhorar as medidas de segurança em veículos, melhores infraestruturas de estradas, entre outras.

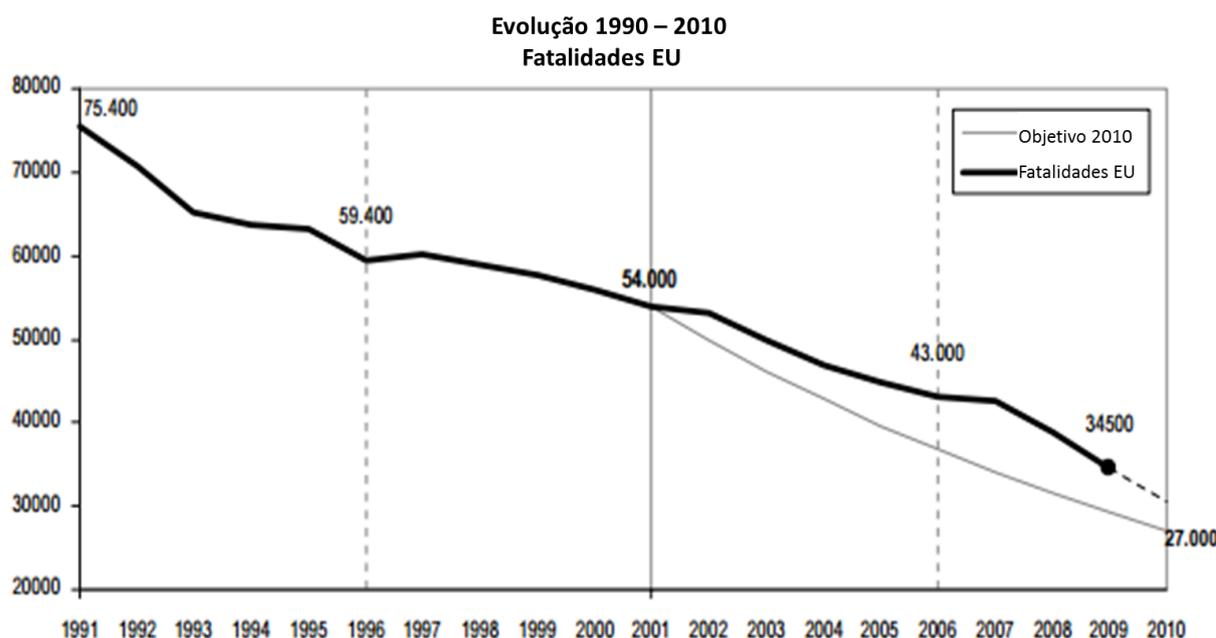


Figura 1.3. Fatalidades nas estradas da União Europeia entre 1990 e 2010 (EC, 2010)

Em 2014, países como Malta, Holanda e Reino Unido apresentavam, estatisticamente, os melhores índices, comparativamente a outros países europeus, relativamente a acidentes rodoviários mortais por um milhão de habitantes, mantendo-se abaixo de 30 mortos por um milhão de habitantes (Figura 1.4). Já Portugal, apesar de reduzir este número no período entre 2010 e 2014, encontrava-se acima da média europeia (51 mortos por milhão de habitantes em 2014), indicando que ainda existe trabalho a ser desenvolvido a fim de reduzir o número de fatalidades nas estradas portuguesas (EC, 2015).

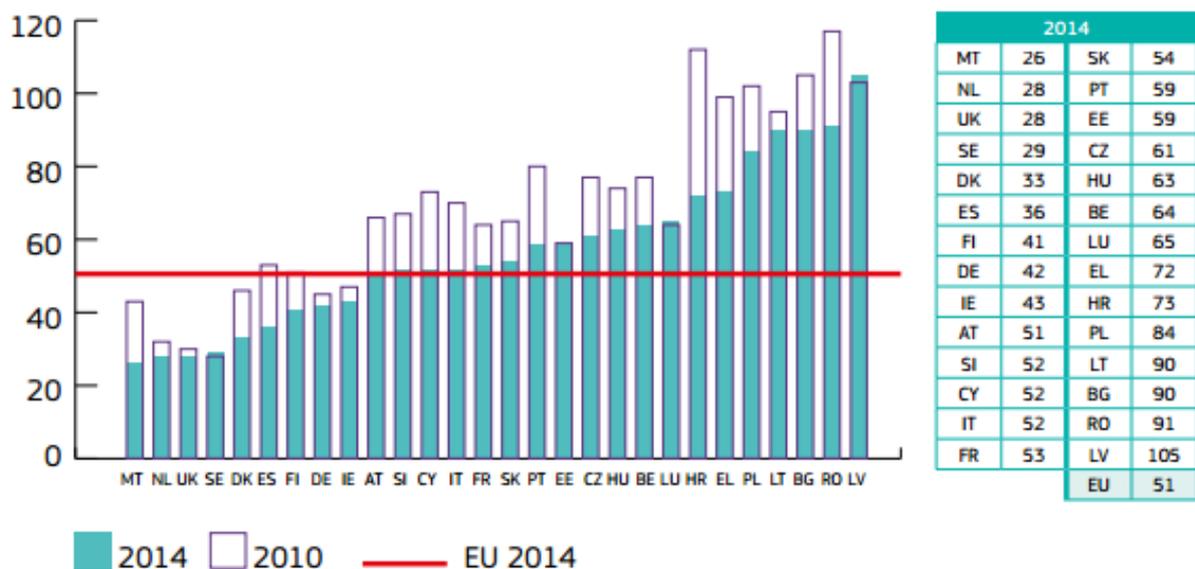


Figura 1.4. Taxa de fatalidades por Estrado Membro de 2010 e 2014 (fonte: EC,2015)

Em Portugal, o registo de acidentes rodoviários é da responsabilidade dos agentes da Polícia de Segurança Pública (PSP), quando estes se dão em zonas urbanas, ou da Guarda Nacional Republicana (GNR) fora das áreas urbanas (OECD/ITF, 2016), tendo de ser preenchido o Boletim Estatístico de Acidentes de Viação, (BEAV), demonstrado no Anexo 6.3 (Página 93), que é, posteriormente, enviado para a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR). Este organismo público está encarregue de definir as políticas de segurança nas estradas portuguesas, analisar os dados dos acidentes registados para a elaboração dos respetivos relatórios, realizar estudos para detetar falhas e melhorar medidas de prevenção rodoviária, entre outros.

Segundo o Relatório de Sinistralidade de 2014 elaborado pela ANSR, entre o período de 2005 e 2014, registou-se uma ligeira tendência em Portugal da diminuição de acidentes com vítimas (Tabela 1.1 e Figura 1.5).

Tabela 1.1. Acidentes e vítimas: 2005-2014 (adaptado de ANSR,2014)

	Acidentes com vítimas	Acidentes com mortos	Vítimas Mortais ¹	Feridos graves	Feridos ligeiros	Total de feridos	Índice de Gravidade
2005	37066	988	1094	3762	45487	49249	3
2006	35680	786	850	3483	43654	47137	2,4
2007	35311	765	854	3116	43202	46318	2,4
2008	33613	721	776	2606	41327	43933	2,3
2009	35484	673	737	2624	43790	46414	2,1
2010	35426	674	741	2637	43924	46561	2,1
2011	32541	636	689	2436	39726	42162	2,1
2012	29867	525	573	2060	36190	38250	1,9
2013	30339	469	518	2054	36818	38872	1,7
2014	30604	454	482	2152	37019	39171	1,6

O índice de gravidade referido na tabela anterior (última coluna da tabela), corresponde ao número de mortos por 100 acidentes com vítimas, verificando-se uma diminuição constante entre o ano

¹ Vítima cujo óbito ocorra no período de 30 dias após o acidente

de 2005 e 2014. Todavia, não tem em conta os feridos graves e os feridos ligeiros, que deveriam também fazer parte do índice uma vez que são igualmente consequências dos acidentes.

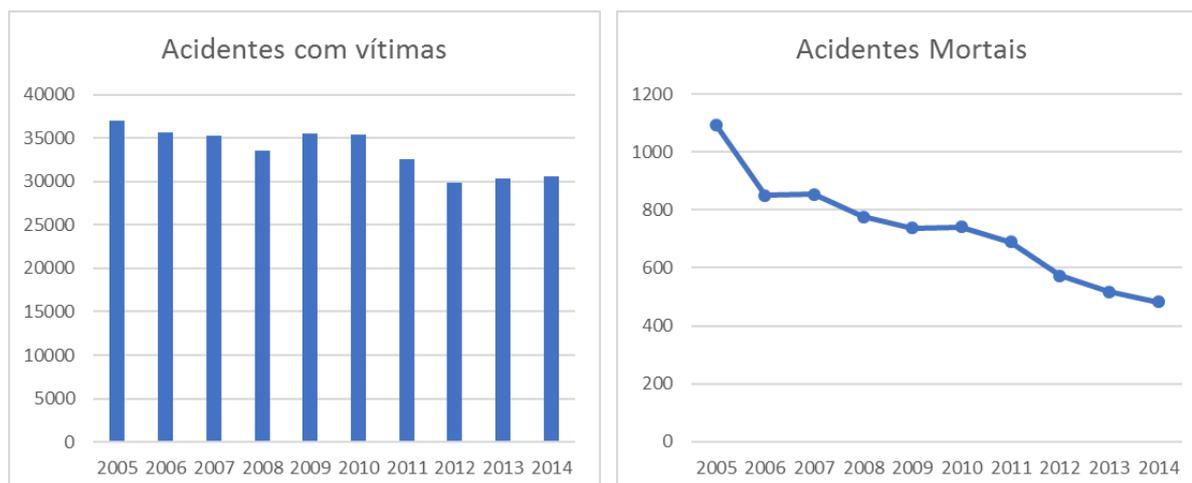


Figura 1.5. Acidentes com vítimas e evolução das vítimas mortais entre 2005-2014 em Portugal (adaptado de ANSR, 2014)

Foram introduzidas medidas (Tabela 1.2), em determinados anos, que estão relacionadas com as descidas dos números de acidentes com vítimas, como as alterações ao código da estrada ou a implementação da Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária (ENSR).

Tabela 1.2. Medidas de segurança rodoviária (ANSR, 2014)

Ano	Medida
2005	Alterações ao código da estrada
2008	Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária
2009	Guia PMSR
2013	Revisão Intercalar da ENSR
2014	Alterações ao código da estrada

Com o objetivo de determinar os pontos negros² nas estradas portuguesas num determinado ano (i) é utilizado o indicador de gravidade (IG), que utiliza o número de mortos (M), o número de feridos graves (FG) e o número de feridos leves (FL), como ilustra a fórmula 1.1:

$$IG_i = 100 * M + 10 * FG + 3 * FL \quad (1.1)$$

Uma vez que este indicador é utilizado a nível nacional, quando aplicado ao nível de um município, é necessário adaptar o mesmo. Surgem então, os Planos Municipais de Segurança Rodoviária (PMSR), guias para os municípios para os cumprimentos das estratégias impostas a nível nacional (ANSR, 2009), que sugerem a utilização do Índice de Segurança Rodoviária Municipal (ISRM), descrito na seguinte fórmula (1.2) e onde i representa o ano:

$$ISRM_{i=} \frac{IG_i + 0,66 \times IG_{i-1} + 0,33 \times IG_{i-2}}{3} \quad (1.2)$$

Contudo, os acidentes rodoviários continuam a ser ainda um problema de segurança pública importante. Para os organismos responsáveis pela gestão e controlo das estradas, é importante identificar onde ocorrem os acidentes e eventuais concentrações espaciais dos mesmos, para, assim, puderem

² Segundo a ANSR, em Portugal são considerados de pontos negros os lanços de estrada com o máximo de 200 metros de extensão, no qual se registaram, pelo menos, 5 acidentes com vítimas, no ano em análise, e cuja soma de indicadores de gravidade é superior a 20.

analisar e implementar medidas de prevenção localizadas e adequadas ao tipo de acidente mais frequente por local.

1.2. Objetivos

Ao longo dos anos, a análise e visualização de dados relativos a acidentes rodoviários, através de tecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), têm permitido a realização de diversos estudos para identificação dos locais onde existe uma maior densidade deste tipo de ocorrências. Tornam-se especialmente relevantes quando permitem perceber as causas e fatores associados aos acidentes e auxiliar os organismos responsáveis a melhor decidir pela segurança rodoviária, como é o caso da ANSR em Portugal.

Desta forma, é possível melhorar o planeamento e gestão do tráfego com a aplicação de medidas que permitam reduzir a sinistralidade nessas áreas e, conseqüentemente, os danos causados. As medidas podem consistir em avisos aos condutores e/ou peões, assim como a colocação de sinalização vertical, passadeiras, entre outros.

Apesar de já existirem alguns estudos em Portugal sobre acidentes rodoviários (Guerreiro, 2008; Baião, 2010), estes focam-se sobretudo na análise da sinistralidade e em fatores que influenciam os acidentes ou a identificação de locais propícios à ocorrência de sinistralidade, sendo que nenhum é no município de Lisboa e não utilizando métodos de análise espacial.

O presente trabalho pretende realizar uma análise espacial no Município de Lisboa. Com esta motivação, estabelecem-se como objetivos principais para o presente estudo:

- A geocodificação dos acidentes rodoviários entre os anos de 2005 e 2014
- A identificação de zonas de maior ocorrência de acidentes rodoviários.
- A identificação de áreas de maior ocorrência de acidentes rodoviários consoante o tipo de acidente e janela temporal dessa ocorrência (ano, mês, dia, período do dia).
- Caracterização das estradas e zonas identificadas como problemáticas
- Elaboração de mapa de frequência de acidentes global e mapa de acidentes com estradas e troços mais problemáticos

Para a concretização dos objetivos propostos são analisados geograficamente os dados fornecidos pela ANSR dos acidentes rodoviários registados entre 2005 e 2014 no Município de Lisboa, que consistem num conjunto de 23361 eventos no total.

Para o efeito, aplicou-se uma metodologia de trabalho, representada na Figura 1.6. Antes de tratar os dados foi feita uma análise descritiva dos mesmos para avaliar os atributos dos eventos mais relevantes para o estudo. De seguida, foi necessário separar os dados que continham coordenadas (acidentes 2014) e os que não as tinham (acidentes 2005-2013). Posto isto, uniformizaram-se as moradas dos eventos, melhor descrito no capítulo 3.3.1 (Pré-Processamento dos dados – Página 32), para se realizar a geocodificação dos acidentes, ou seja, obter as suas coordenadas geográficas. No fim, juntou-se todos os eventos num só ficheiro com vista a realizar a análise. Relativamente à rede viária, esta também exigiu um tratamento de edição de modo a garantir as propriedades topológicas da mesma. Com os dados tratados, procedeu-se então análise, que se realizou em duas partes: a análise dos acidentes rodoviários ocorridos entre 2005 e 2014 e a análise dos acidentes ocorridos em 2014.

Com os eventos de todos os anos, realizou-se um estudo dos acidentes por freguesia, por troços e aplicou-se o ISRM com vista a determinar quais as estradas com maior número de acidentes, e que são consideradas como pontos negros. Posteriormente, só com os dados de 2014, analisaram-se os locais mais problemáticos. A conjugação das análises feitas, resulta na identificação das vias e troços de estrada

mais problemáticos suscetíveis de necessitarem de medidas de intervenção. Os principais produtos finais desta metodologia são o mapa de acidentes por estradas e o mapa de acidentes por troço de estrada.

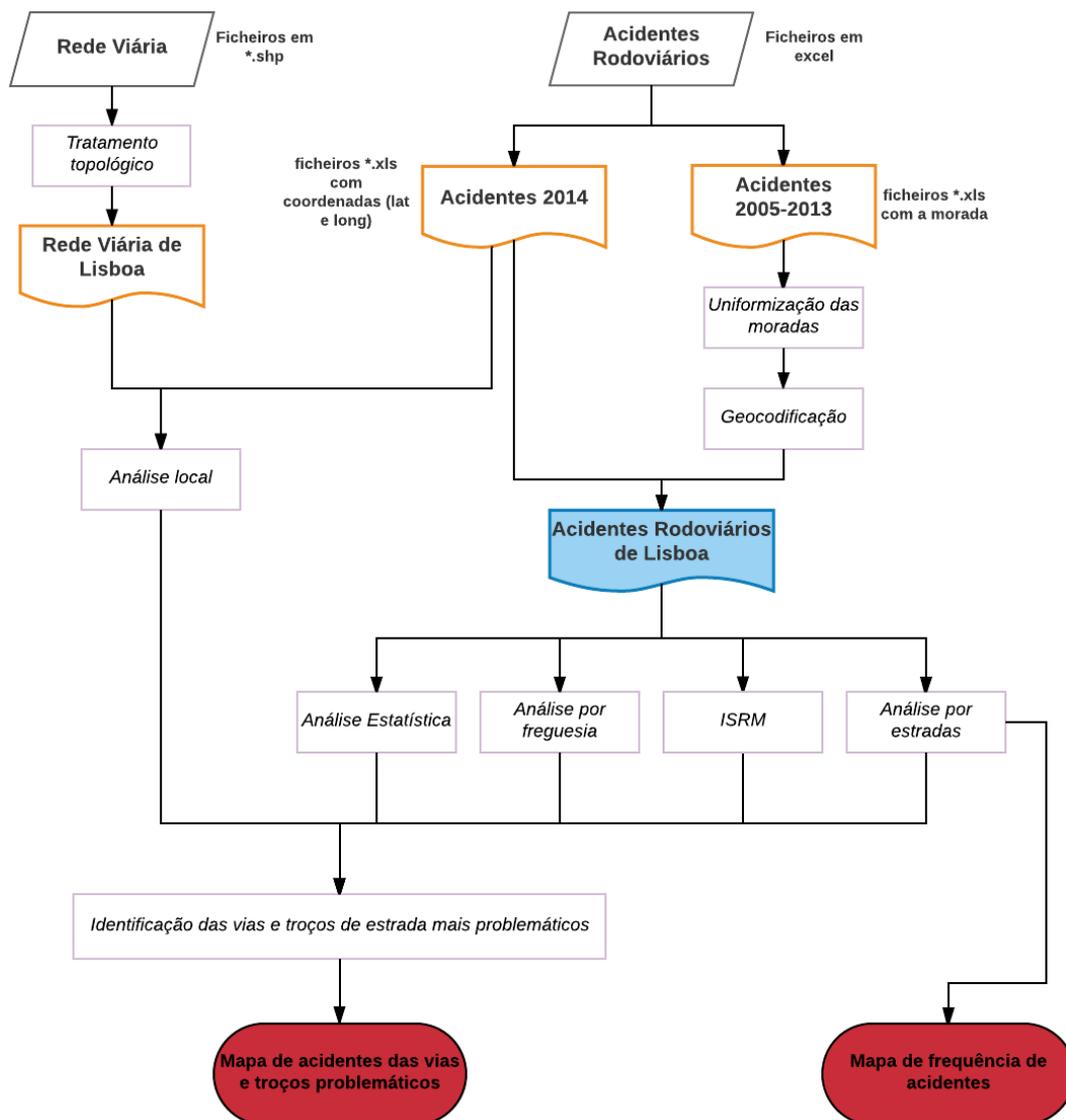


Figura 1.6. Metodologia de trabalho adotada

1.3. Contribuição Científica

Talvez uma das maiores dificuldades dos organismos responsáveis pela segurança rodoviária, não só em Portugal como no resto do mundo, consiste em saber onde e como implementar medidas adequadas à prevenção rodoviária, reduzindo assim a sinistralidade. É neste caso que as ferramentas SIG e a análise espacial se revelam adequadas para o presente trabalho.

A visualização da distribuição espacial dos acidentes permite compreender quais as localizações nos troços de via mais problemáticos e inferir sobre as razões que poderão causar tais ocorrências, tornando-se uma mais valia para os organismos responsáveis, para que estes tomem medidas de prudência nas estradas portuguesas. O estudo descrito no presente trabalho identifica as estradas que são

consideradas como pontos negros e locais mais propensos à ocorrência de acidentes rodoviários no município de Lisboa, usando dados correspondentes a uma série temporal de 10 anos.

A não existência de estudos deste tipo para o Município de Lisboa, usando dados com um período temporal tão extenso, acrescenta valor ao trabalho desenvolvido e conferindo-lhe robustez às conclusões retiradas. Espera-se que o presente projeto possa ser utilizado como um documento de auxílio para as entidades responsáveis, no sentido de os ajudar na tomada de decisões sobre as medidas a adotar para melhor prevenir a ocorrência dos acidentes rodoviários nas estradas do município.

1.4. Estrutura da Tese

Após ter sido feita uma introdução à temática do projeto desenvolvido, com o enquadramento do problema ao nível mundial, europeu e nacional, e a clara definição dos objetivos deste estudo, este documento organiza-se em mais quatro capítulos, sendo o segundo capítulo dedicado ao estado da arte e à revisão bibliográfica no que diz respeito às tecnologias e metodologias de exploração e análise espacial de acidentes rodoviários em ambiente urbano.

O terceiro capítulo refere-se à metodologia de trabalho para a análise de acidentes rodoviários no Município de Lisboa. Neste capítulo é feita a caracterização da área de estudo, descrição dos dados e a metodologia analítica dos dados, como o pré-processamento a análise descritiva dos acidentes. Também é referida a análise espacial dos eventos ao nível das freguesias, ao nível dos troços das estradas e ao nível dos locais para a identificação dos problemas existentes no município e para que possam ser estudadas propostas de melhoria e redução de sinistros.

O capítulo final apresenta as conclusões tiradas a partir da execução do projeto, referindo também propostas para futuros trabalhos.

2. Estado da Arte

2.1. Breve revisão bibliográfica de casos de estudo

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm demonstrado, ao longo do tempo, ser uma ferramenta importante e poderosa na análise de dados espaciais devido às suas inúmeras funcionalidades e aplicações. Estes sistemas, permitem a utilização de informação georreferenciada, podendo realizar o seu armazenamento, modelação, análise e visualização da mesma. A análise espacial de dados consiste no estudo de fenómenos referenciados no espaço através de métodos que procuram descrever e explicar as razões pelos quais determinados eventos acontecem em determinados locais. São muitos os temas estudados e as contribuições científicas resultantes da aplicação de ferramentas SIG, como por exemplo os estudos de criminalidade (Murray *et al.*, 2001), como ilustra a Figura 2.1, o mapeamento de casos de cancro (Kulldorf, 1997), o estudo do vírus Zika (Rodríguez-Morales, 2016) ou, como no caso do presente estudo, a análise de acidentes rodoviários.

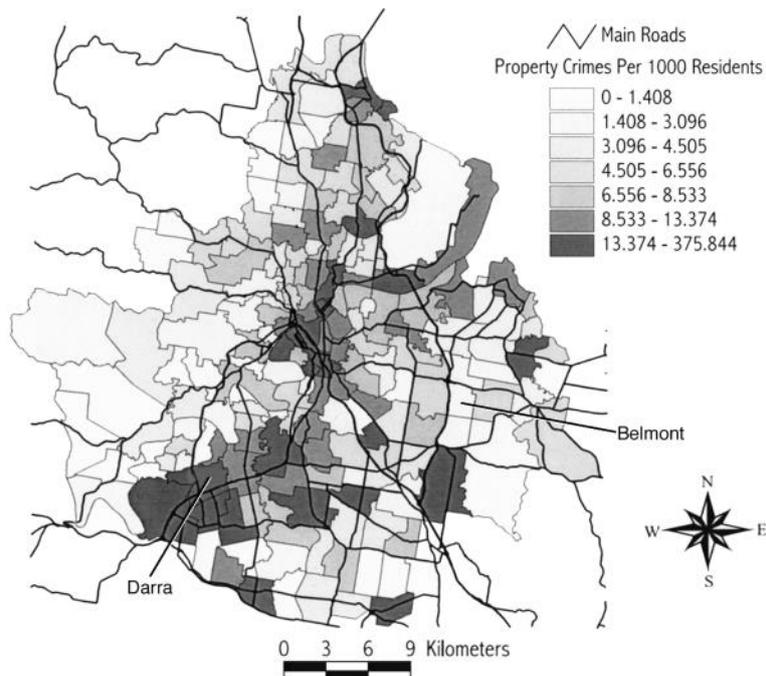


Figura 2.1. Crimes de propriedade por 1000 residentes em Brisbane (Murray *et al.*, 2001)

Tal como foi referido anteriormente, é necessário ter informação georreferenciada. Em estudos prévios, diversos autores têm recorrido a técnicas de georreferenciação a fim de obter a localização de acidentes (Yang, 2004; Loo, 2006; Bigham *et al.*, 2009). Diversos autores (Budiharto and Saido, 2012, Çela *et al.*, 2013, Yalcin and Duzgun, 2015) referem que os relatórios dos acidentes devem ser apropriados para a análise estatística e espacial com mais detalhes e formatados apropriadamente, contrariamente aos relatórios que se realizam de forma textual que podem introduzir erros sistemáticos e aleatórios.

À semelhança do que é realizado neste projeto, Pulugurtha *et al.*, (2007) utiliza a geocodificação para obter as coordenadas dos acidentes, neste caso com pedestres. Os autores utilizam o “Address Match” para obter as coordenadas pretendidas. Para tal, é necessário ter uma rede viária com os nomes das ruas, moradas ou quilometragem para realizar a correspondência com os registos obtidos. A rede viária utilizada neste trabalho, apenas contém os nomes das ruas, sendo assim, somente essa informação utilizada. No entanto, devido à fraca precisão e a qualidade dos dados da rede viária, de acordo com a

informação disponível, para a realização da geocodificação, não permite determinar localmente a posição de cada acidente.

Os acidentes rodoviários tendem, ao longo do espaço e do tempo, a aglomerar-se em determinadas regiões, sugerindo que existe uma dependência espacial entre os eventos (Flahaut, 2003). Estas ilações são comprovadas através da análise espacial dos dados e dos estudos já efetuados, como alguns dos apresentados de seguida.

Atualmente existe já alguma bibliografia científica com estudos dedicados à análise espacial de acidentes rodoviários. Estes estudos dependem essencialmente do tipo de dados utilizados e do objetivo do estudo. Determinados autores tendem a analisar quais os fatores que podem estar associados à causa dos acidentes, como é o caso do trabalho de Noland and Quddus (2004). Os investigadores utilizaram dados de acidentes de viação para estudar se variáveis como o uso do solo, características das estradas ou características demográficas podem influenciar o número de vítimas de sinistros. Assim como no presente trabalho, os autores realizaram a georreferenciação dos dados presentes na base de dados existente no Reino Unido. Os autores concluem que áreas mais urbanas, ou seja, com maior densidade populacional, tendem a ter menos fatalidades, especulando que seja devido a velocidades reduzidas e serem zonas propensas ao congestionamento do tráfego, enquanto que áreas com maior densidade de empregabilidade têm influência no aumento do número de mortos nas estradas, cuja causa possa ser devida ao aumento da atividade nessas mesmas estradas.

Similarmente, Aguero-Valverde and Jovanis (2006) estimaram a frequência anual de acidentes nos Estados Unidos da América, ao nível do condado (Figura 2.2) através de modelos hierárquicos, utilizando dados de acidentes ocorridos na Pensilvânia entre 1996 e 2000. Os fatores utilizados incluem dados sociodemográficos, condições atmosféricas, infraestrutura dos transportes e tempo de viagem. Conseguiram determinar que fatores como nível de pobreza baixo, faixa etária entre os 0 e 24 anos e acima dos 64, extensão das estradas e densidade de fluxo rodoviário, determinam o aumento de risco de acidentes rodoviários.

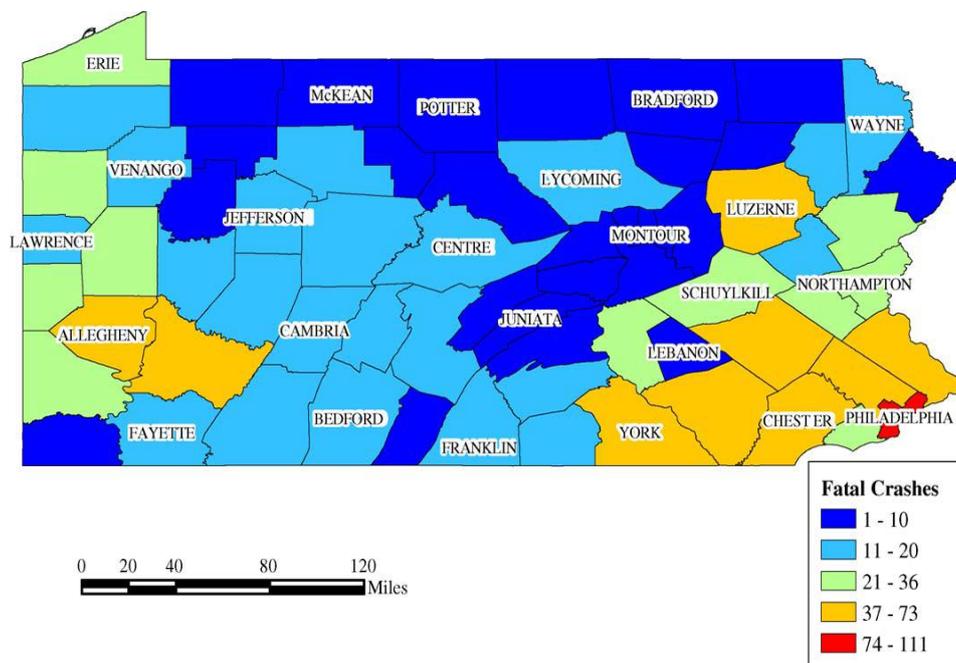


Figura 2.2. Número de acidentes fatais por condado no ano 2000 (Aguero-Valverde e Jovanis, 2006)

Outros autores tendem a aplicar métodos de análise espacial para visualizar e identificar zonas ou locais com maior frequência de ocorrência dos eventos referidos, tal como é realizado no presente

trabalho. Em 1996, foi feito um estudo utilizando SIG e métodos espaço-temporais para estudar acidentes rodoviários em Norfolk, Inglaterra. Partindo de um padrão pontual de acidentes, a fim de determinar o nível de agrupamento existente entre o conjunto de eventos, os investigadores aplicam o método *k-means* (James MacQueen, 1967) para analisar os fatores que podem influenciar a probabilidade de ocorrência de um acidente rodoviário fatal (Jones *et al.*, 1996). Outro exemplo da utilização dessa função para análise e visualização de padrões espaciais é o estudo realizado por Kim and Yamashita (2007), o qual usa dados de acidentes com pedestres ocorridos em Honolulu, Havaí, para identificarem locais com maiores níveis de colisão.

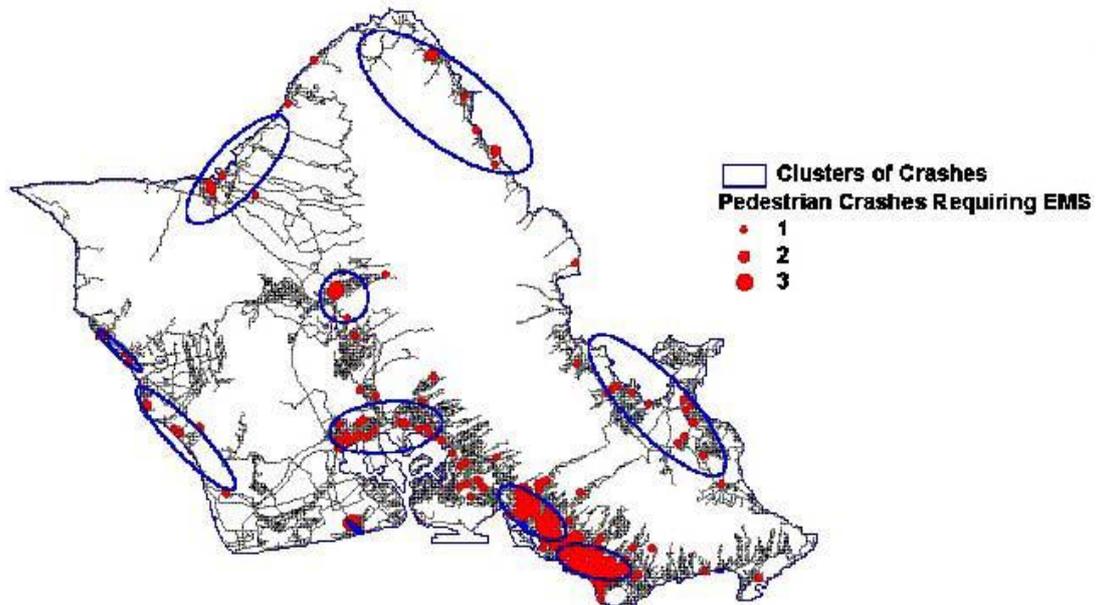


Figura 2.3. Agrupamento *k-means* de acidentes envolvendo pedestres (fonte: Kim e Yamashita, 2007)

Um dos métodos mais populares para a análise e detecção de *hotspots* de acidentes rodoviários é o estimador densidade de *Kernel* (Silverman, 1986). Este método converte um conjunto de eventos pontuais numa superfície contínua que representa a densidade de eventos, analisando a variação do valor médio do evento em estudo pela área de estudo, ou seja, como se distribuem os eventos no espaço. Erdogan *et al.*, (2008) utilizou esse método para a detecção de localizações com elevado número de acidentes e áreas com pouca segurança em autoestradas na cidade turca Afyonkarahisar. Nesta análise foram aplicados dois métodos de análise de densidade de *Kernel*, em que ambos apresentam praticamente as mesmas localizações de *hotspots* (locais de grande densidade de um determinado evento espacial) nas estradas (Figura 2.4). Ao determinar esses *hotspots*, os autores verificaram que a maioria dos eventos acontecem em cruzamentos de estradas de vilas ou pequenas cidades.

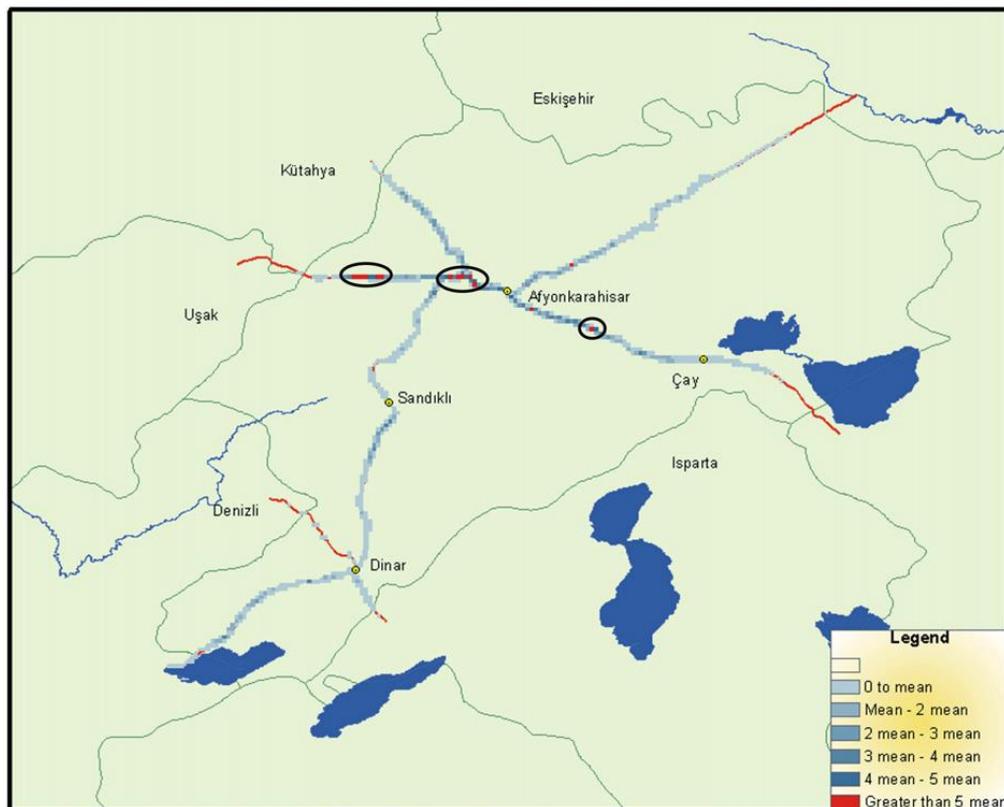


Figura 2.4. Hotspots obtidos com o Estimador Densidade de Kernel (fonte: Erdogan et al, 2008)

Utilizando Londres como área de estudo, Anderson (2009) apresenta uma metodologia utilizando um SIG e o estimador de densidade de *Kernel* para estudar padrões espaciais, ou seja, *hotspots* de acidentes com feridos, combinando posteriormente os resultados com técnicas de agrupamento. São usados cinco anos de dados, entre 1999 e 2003, reunidos pelo departamento responsável. Para este trabalho não foi necessário a realização da geocodificação dos dados visto que a localização dos acidentes é registrada pela polícia utilizando um GPS, e como tal obtêm-se diretamente as coordenadas dos acidentes. Após a primeira análise utilizando o estimador densidade de *Kernel*, é utilizada uma metodologia de agrupamento de acidentes com os dados analisados no passo anterior para classificar os *hotspots* dos acidentes ocorridos, tornando-se uma mais valia para a compreensão das razões que levam aos acidentes ocorrerem com maior frequência em determinadas zonas, ajudando assim os organismos responsáveis nas tomadas de decisão. Contrariamente a algumas investigações já realizadas anteriormente, a autora parte do pressuposto que os acidentes rodoviários que ocorrem em áreas semelhantes são dependentes do espaço.

Bíl *et al.*, (2013) utilizaram também o método densidade de *Kernel* para a identificação de locais mais perigosos, ou seja, mais propensos à ocorrência de acidentes. Os dados, provenientes dos registos da polícia da República Checa, compreendem um período de 4 anos, entre 2007 e 2010. Com a utilização do método referido e a aplicação do teste estatístico da significância do agrupamento, os autores conseguiram não só identificar os *hotspots* de acidentes como determinar quais os mais significantes, definindo-os como as localizações mais perigosas. Com os resultados obtidos os autores referem que o método permite a identificação rápida dos locais mais perigosos numa rede de transportes que permite, posteriormente, aos departamentos de transporte responsáveis, tomar as medidas necessárias.

Prasannakumar *et al.*, (2011) utilizam 1468 acidentes registados em 2008 pela polícia da cidade de Thiruvananthapuram, Índia. Contrariamente à maioria dos registos do trabalho, estes possuem as coordenadas dos eventos. Para a investigação, os autores combinaram o método de autocorrelação

especial índice de Moran I, o índice estatístico *Getis-Ord Gi** e o estimador densidade de *Kernel* (Figura 2.5). A avaliação das características espaciais dos dados com o índice de Moran I indica que os dados são *clusters*, que, com o *Getis-Ord Gi** e estimador densidade de *Kernel*, tendem a aglomerar-se em zonas específicas que variam no tempo.

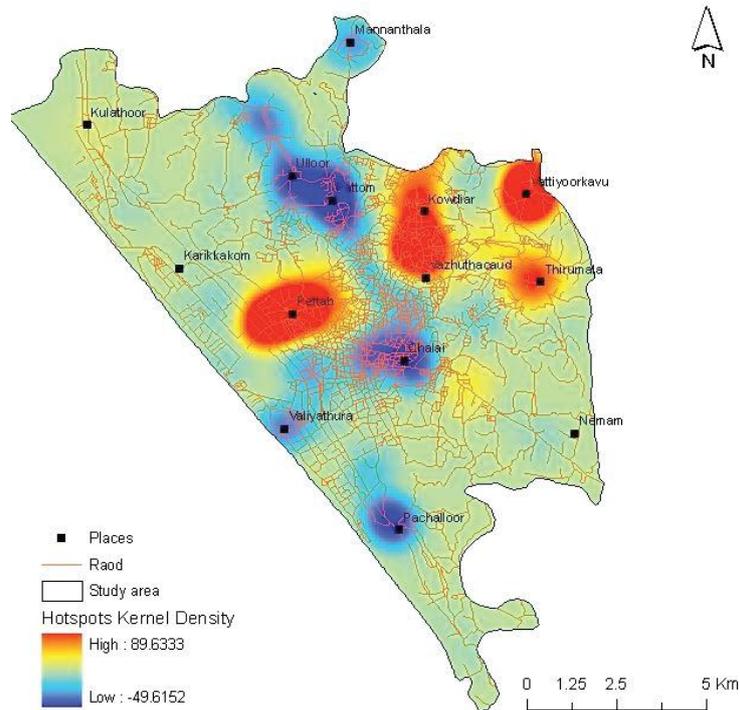


Figura 2.5. Estimador densidade de *Kernel* (Prasannakumar et al., 2011)

Na cidade de Osmaniye, Turquia, um estudo realizado analisa a distribuição de acidentes de acordo com o tipo de veículo envolvido no acidente. Com 961 registros entre 2010 e 2012, os Yalcin and Duzgun (2015) utilizam três métodos já referidos de análise espacial numa rede viária: O estimador densidade de *Kernel*, vizinho mais próximo e função *K-Ripley* (Ripley, 1976). Com estes métodos, os autores determinam quais os locais onde ocorrem maior número de acidentes e concluem também que os acidentes com veículos de duas rodas têm maior percentagem comparativamente aos restantes. Também referem que a inclusão de dados GPS deve ser utilizada de forma a eliminar erros e aumentar a precisão espacial do local do acidente. Çela et al., (2013) também aplica a função *K-Ripley* e o Estimador Densidade de *Kernel*, aplicado à rede viária, com o primeiro a indicar a presença de *clusters*, e o segundo a mostrar as suas localizações na cidade de Belgrado, Sérvia.

Analogamente, na província de Ilam, Irão, a informação relativa a acidentes rodoviários de 2013 foi investigada, perfazendo um total de 944 registros, já com coordenadas geográficas. Também com a aplicação de ferramentas como o Índice Global de Moran, análise de *hotspots* (Figura 2.6) e a densidade de *Kernel*, Aghajani et al., (2017) observam uma correlação considerável entre a densidade dos acidentes, topografia e mapas de chuva, ou seja, regiões mais montanhosas e com maiores níveis de pluviosidade têm maior número de acidentes ocorridos.

(Silverman, 1986). O *Kernel* é uma função ponderada existindo vários tipos que podem ser aplicados, o gaussiano, o quadrático, o cônico, entre outros. O estimador densidade referido, aplica um *Kernel*, $K(x)$, centrado na localização onde a estimativa é feita (X_i), para calcular o valor da densidade de um conjunto dos eventos pontuais (n) numa dada área, interpolando-os e gerando uma superfície contínua, mais ou menos suave. Ou seja, a função realiza uma contagem do número de pontos dentro de uma região de influência, ponderando-os pela sua distância à localização de interesse, essa região de influência é determinada pela escolha de uma largura de banda h . A equação 2.1 dá-nos a expressão da função densidade de *Kernel* \hat{f} .

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (2.1)$$

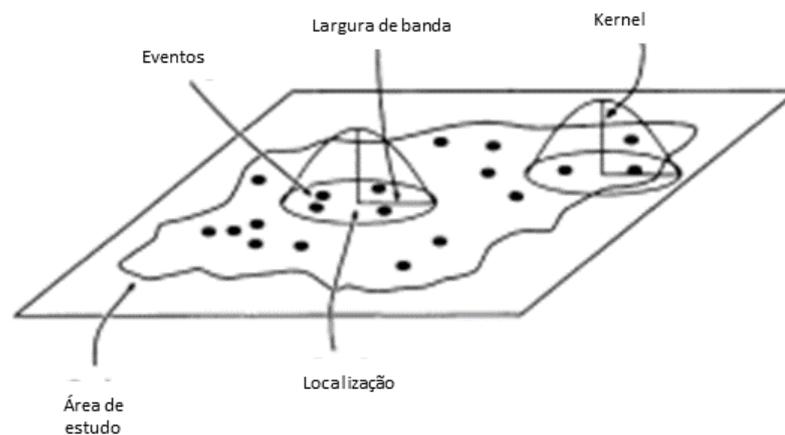


Figura 2.7. Estimador de Kernel de uma análise de pontos

Existem dois parâmetros que podem influenciar o resultado obtido, o *Kernel* escolhido e a largura de banda. No entanto, vários autores, entre os quais Silverman (1986) e Wand and Jones (1995), sugerem que o resultado final é relativamente insensível à escolha do tipo de *Kernel* aplicado. O parâmetro mais importante e que tem mais influência no resultado final é a largura de banda, determinando o nível de suavidade da superfície produzida, isto é, bandas demasiado pequenas produzem resultados não suaves, enquanto que largos produzem o efeito contrário. Não existe uma fórmula que seja sempre aplicável para a determinação desse parâmetro, uma vez que varia com a área de estudo e com os dados, havendo por vezes um julgamento subjetivo por parte de quem aplica o método (Sabel *et al.*, 2000).

Neste trabalho, a aplicação do método foi realizada no ArcMap 10.4 (ESRI, 2015), com a utilização da extensão *Spatial Analyst*. Foram testadas várias larguras de banda, sendo que a largura de banda escolhida foi de 500 metros. Com bandas maiores, os *hotspots* abrangiam áreas muito grandes da área de estudo, não sendo possível identificar locais de concentração de *hotspots* em estradas específicas e com bandas menores, eram determinados poucos *hotspots*, gerando uma superfície pouco suave (Figura 2.8), necessitando de várias tentativas a fim de produzir uma superfície apropriada (Plug *et al.*, 2011).

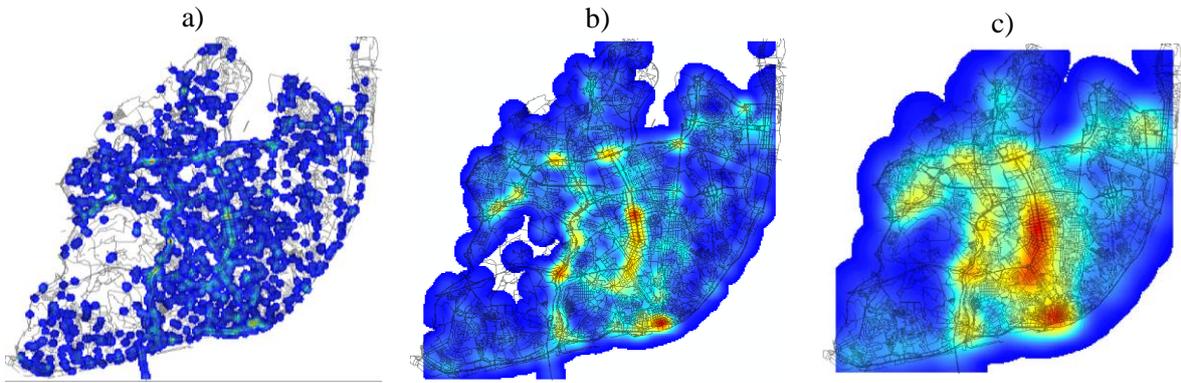


Figura 2.8. Teste de larguras de banda. a) 150 metros, b) 500 metros, c) 1000 metros

O problema de aplicar o estimador de densidade de *Kernel* neste tipo de eventos, é o facto se desconhecer o local exato do acidente e saber-se apenas a estrada onde ocorre, assim, a aplicação do método Network KDE (Okabe *et al.*, 2006), que estima a densidade ao nível dos elementos lineares (estradas), em vez da densidade de pontos por unidade de área, poderia ser uma solução mais adequada para este problema, como vários autores já o fizeram, por exemplo Xie and Yan (2008). No âmbito deste projeto efetuaram-se esforços para usar este método, mas devido a um conjunto de limitações não se apresentam quaisquer resultados pois estes não se consideram satisfatórios.

3. Metodologia de trabalho para a Análise de Acidentes Rodoviários no Município de Lisboa

O presente capítulo refere-se à metodologia desenvolvida e aplicada para a obtenção de resultados, que, neste caso, é a identificação das estradas mais problemáticas e os locais ao longo das vias onde se concentram os eventos por várias categorias, com o objetivo de fazer uma caracterização das estradas mencionadas e obtenção de mapas finais. Inicialmente é feita uma caracterização da área de estudo, sendo de seguida realizada uma breve descrição dos dados, fornecidos pela ANSR, incluindo a fase de pré-processamento dos dados e os problemas encontrados, assim como a caracterização da rede viária. Após uma caracterização dos dados usados neste projeto e todo o pré-processamento necessário é então explicado o processo metodológico aplicado nas distintas fases da análise aos dados.

O tratamento da informação geoespacial utilizada é feito recorrendo ao Excel da Microsoft (2016) e o ArcGis 10.4 for Desktop (ESRI). Os produtos cartográficos obtidos neste projeto referem-se todos ao sistema de coordenadas ETRS89/PT-TM06.

3.1. Caracterização da área de estudo

A Área Metropolitana de Lisboa (AML) (Figura 3.1) é caracterizada por uma grande atividade populacional e económica comparativamente às restantes cidades portuguesas.

Segundo os dados estatísticos do Instituto Nacional de Estatística (INE), os Censos realizados em 2011 revelam que a cidade de Lisboa, capital portuguesa, é a cidade com maior número de habitantes do país, com mais de 500 mil habitantes. O município de Lisboa é constituído por 24 freguesias, com uma área total aproximada de 100 km² e tem das maiores densidades populacionais do país.

Devido não só à população residente em Lisboa, mas também a quem se desloca diariamente para o município, como por exemplo para trabalhar, o fluxo de carros que circulam nas estradas é enorme. Segundo o Censos de 2011, o município de Lisboa tem a maior entrada de população para trabalhar ou estudar, que equivale a 77,7% da população residente, enquanto saem apenas 8,7% de pessoas. Em 2014, o número de veículos que entravam em Lisboa era de 355 mil carros por dia e dois anos depois observou-se um aumento de mais 15 mil veículos (Ferreira, 2016). Devido a essa massificação na utilização de veículos próprios existe, naturalmente, um aumento da sinistralidade rodoviária.

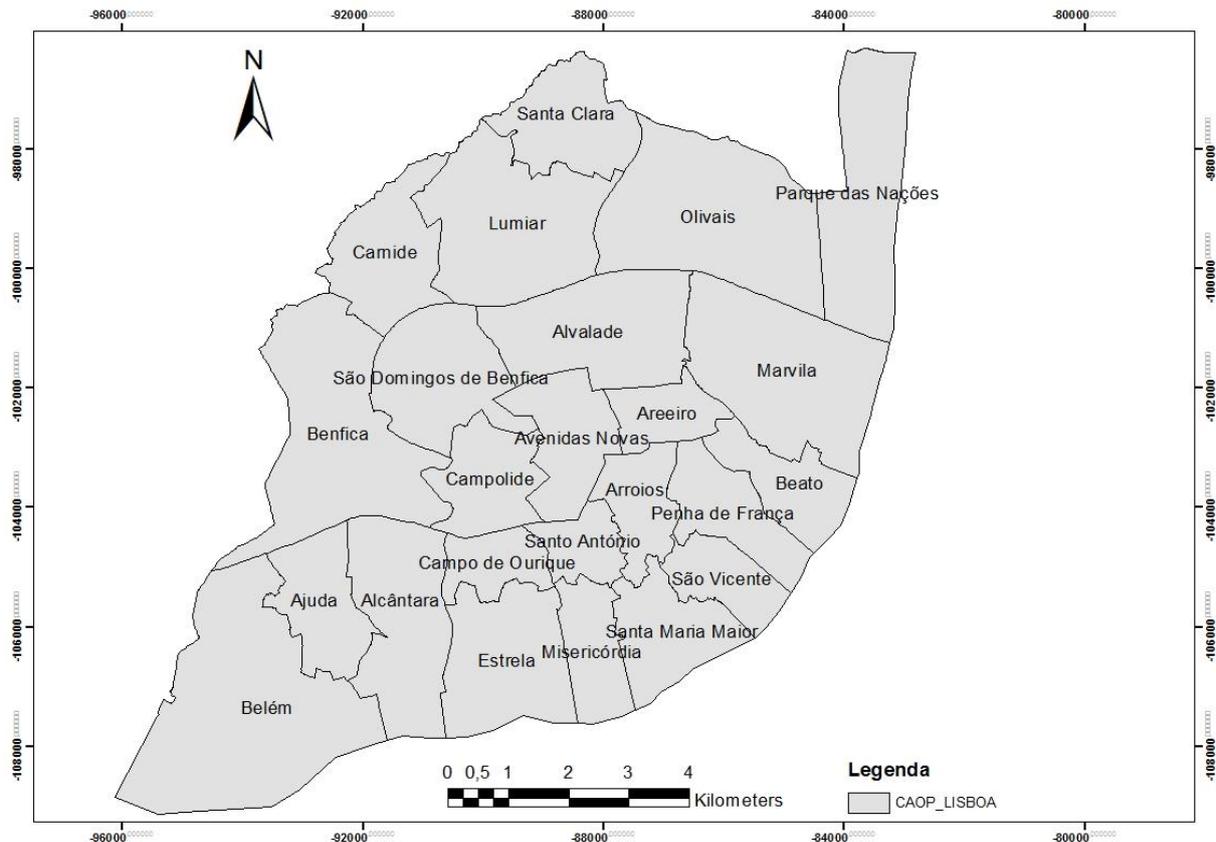


Figura 3.1: Área de estudo correspondente ao Município de Lisboa

Relativamente à rede viária de Lisboa, esta foi extraída da cartografia de base à escala 1:1000 disponibilizada por Câmara Municipal de Lisboa (CML), em formato *shapefile*. A rede de estradas cobre todo o município de Lisboa, sendo constituída por 24057 segmentos de estradas, com um total de 1790 km de comprimento em estradas. A Figura 3.2 seguinte mostra a distribuição da rede de estradas da região referida.



Figura 3.2. Rede Viária do Município de Lisboa

Importa também conhecer o número de quilómetros de rede viária por freguesia. Esta informação permite-nos identificar as freguesias com maior densidade de estradas, e por isso com maior probabilidade de ocorrência de acidentes. Na Tabela 3.1 verifica-se que freguesias de Avenidas Novas e do Areeiro apresentam maior densidade de estradas comparativamente à do Beato e de Belém, que apresentam menor densidade.

Tabela 3.1. Caracterização do número de quilómetros de rede viária por freguesia

Freguesia	Área (km ²)	Comprimento (km)	Densidade (km estrada por km ² de área)
Ajuda	2,88	52,90	18,37
Alcântara	5,07	72,73	14,34
Alvalade	5,34	107,57	20,14
Areeiro	1,72	45,91	26,69
Arroios	2,13	50,55	23,73
Avenidas Novas	2,99	81,04	27,10
Beato	2,48	30,12	12,15
Belém	10,43	107,95	10,35
Benfica	8,02	120,15	14,98
Campo de Ourique	1,65	37,79	22,90
Campolide	2,77	67,15	24,24
Carnide	3,69	64,76	17,55
Estrela	4,604	71,75	15,58
Lumiar	6,57	128,39	19,54
Marvila	7,12	110,20	15,48

Misericórdia	2,19	37,04	16,89
Olivais	8,09	154,98	19,16
Parque das Nações	5,44	95,81	17,61
Penha de França	2,71	52,60	19,41
Santa Clara	3,36	63,65	18,94
Santa Maria Maior	3,01	47,21	15,69
Santo António	1,49	34,83	23,38
São Domingos de Benfica	4,29	88,20	20,56
São Vicente	1,99	28,73	14,44

3.2. Descrição dos Dados dos acidentes rodoviários

Os dados fornecidos pela ANSR incluem registos de acidentes entre os anos de 2005 e 2014, perfazendo um total de 23361 registos. Dos referidos anos, apenas o último ano contém as coordenadas dos locais dos acidentes, pelo que houve necessidade de realizar a geocodificação às moradas fornecidas nos restantes de forma a obter as coordenadas das mesmas.

Cada registo de acidente contém diversos campos identificativos do local, data e diversas informações adicionais (Anexo 6.4 – Página 95). A seguinte lista indica todos campos presentes nos dados originais:

- **Freguesia** – Nome da freguesia
- **DataHora** – Data e hora da ocorrência
- **Localizações** – Dentro ou fora de localidades
- **Via/Arruamento** – nome da rua, segunda rua e/ou atributo descritivo (ex: a seguir à paragem do autocarro)
- **Km³** – Indica o quilómetro de estrada onde ocorreu o acidente
- **Mortos** – número de mortos resultantes do acidente
- **Feridos Graves** – número de feridos graves resultantes do acidente
- **Feridos Leves** – número de feridos leves resultantes do acidente
- **Natureza** – como ocorreu o acidente
- **Luminosidade** – tipo de iluminação
- **Fatores atmosféricos** – condições climatéricas na altura do acidente
- **Latitude** (Apenas do ano 2014)
- **Longitude** (Apenas do ano 2014)

3.3. Metodologia Analítica

A metodologia para a análise da informação e os processos usados está descrita na Figura 1.6 (capítulo 1, subcapítulo 1.2). É descrito o pré-processamento realizado aos dados antes da geocodificação dos acidentes de 2005 até 2013, assim como, o tratamento da rede viária, em preparação para a análise estatística, a análise por freguesia, análise por estrada e análise por local do acidente.

³ Este campo não foi utilizado para a geocodificação dos acidentes por não se conhecer a origem, ou seja, o quilómetro zero das estradas em questão e o sentido em que este é referido.

3.3.1. Pré-Processamento dos dados

3.3.1.1. Dados dos acidentes rodoviários

O primeiro processo de tratamento de dados consistiu em atribuir a cada registo de acidentes de um identificador único (ID), de forma a identificar inequivocamente cada registo de dados para facilitar a manipulação dos mesmos.

Uma das etapas mais importantes consistiu no tratamento da informação presente no campo “via/arruamento”. O campo descritivo da morada continha diversas formas textuais para indicar a mesma estrada. Por exemplo, diversos registos apresentavam diminutivos como “Av”, “Al”, “R”, entre outras formas, para referir uma determinada avenida, alameda ou rua, respetivamente. É, por isso, muito importante a uniformização e homogeneização dos nomes presentes no campo das vias/arruamentos para que a geocodificação seja o mais eficaz possível. Este procedimento também incluiu a correção de erros ortográficos e remoção de informações adicionais tais como segunda morada ou observações textuais. Foram também removidos registos que não tinham qualquer morada associada (o campo correspondente encontrava-se vazio) ou tinham “Outra Via” como morada, pois não permitem a geocodificação desses dados.

Antes da fase de geocodificação, foram adicionados novos campos aos dados, os quais estão listados abaixo, com o objetivo de tornar a tabela de dados mais legível e melhor organizada:

- **Tipo de acidente** – consiste na divisão da natureza do acidente em três categorias principais (atropelamento, colisão e despiste);
- **Pormenor do acidente** – restante informação presente no campo da natureza do acidente;
- **Ano** – Ano de ocorrência do acidente;
- **Mês** – Mês de ocorrência do acidente;
- **Dia da semana** – dia da semana da ocorrência do acidente;
- **Período do dia** – Período do dia em que ocorreu o acidente (madrugada, manhã, tarde e noite);
- **Intervalo Horário** – intervalo horário em que ocorre o acidente;
- **Morada Corrigida** – morada do acidente corrigida;
- **Observações** – incluem as descrições textuais ou segundas moradas presentes nas vias/arruamentos;
- **Morada “Geocoding”** – morada utilizada para a obtenção da longitude e latitude dos acidentes, incluindo freguesia, distrito e país;
- **Longitude** (2005-2013);
- **Latitude** (2005-2013)

3.3.1.2. Geocodificação dos dados dos acidentes rodoviários

A geocodificação é um processo automatizado que atribui a cada evento em questão as coordenadas geográficas baseando-se na morada fornecida. A precisão deste processo depende muito da informação fornecida.

Para a geocodificação dos dados foi utilizada uma aplicação on-line, o *GPS Visualizer* (<http://www.gpsvisualizer.com>) que utiliza uma chave API da Google, que permite a conversão de moradas em coordenadas, correspondendo a morada introduzida com a morada existente na base de dados da Google, e onde o formato da morada inserida deve ser o nome da rua, freguesia, distrito e país. Como resultado deste processo obtiveram-se 20124 registos com coordenadas, num sistema de referência geográfico e relativo ao *datum* global WGS84, correspondendo a cerca de 96% dos dados iniciais (Tabela 3.2 e Tabela 3.3). Para 4% dos dados iniciais não foi possível efetuar a geocodificação por falta de correspondência ou não identificação da morada.

Tabela 3.2. Descrição dos dados fornecidos por ano

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total de registos	2543	2502	2358	2081	2265	2457	2256	2233	2296	2370
Registos com coordenadas	2384	2341	2214	1946	2206	2403	2205	2181	2244	2369
Registos sem correspondência	82	81	81	78	33	31	33	28	22	-
Registos sem rua	76	79	61	55	24	23	17	22	28	-
Registos com coordenada 0	1	1	2	2	2	0	1	2	2	2

Tabela 3.3. Descrição em percentagem dos dados por ano

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Registos geocodificados	93,75	93,57	93,89	93,51	97,40	97,80	97,74	97,67	97,74	99,92
Registos s/ correspondência	3,22	3,24	3,44	3,75	1,46	1,26	1,46	1,25	0,96	-
Registos s/ rua	2,99	3,16	2,59	2,64	1,06	0,94	0,75	0,99	1,22	-
Registos com coordenada 0	0,04	0,04	0,08	0,10	0,09	0,00	0,04	0,09	0,09	0,08
Dados não usados (%)	6,25	6,43	6,11	6,49	2,60	2,20	2,26	2,33	2,26	0,08

3.3.1.3. Rede Viária

Uma vez que se pretende uma rede com uma estrutura nó-linha, similar a um grafo onde as intersecções de linhas ocorrem apenas nos entroncamentos e/ou cruzamentos de estradas, houve a necessidade de tratar a rede em termos topológicos, garantindo que todos os troços da mesma estrada correspondem apenas a um e só um elemento na geometria da rede viária e consequentemente a um registo na base de dados SIG, e que todos os cruzamentos ou entroncamentos de estradas têm um nó nessa localização. Por exemplo, é possível observar na Figura 3.3 que inicialmente a Avenida 24 de Julho se encontra seccionada (a) e que após a sua correção (b) aparece apenas como um segmento de estrada.

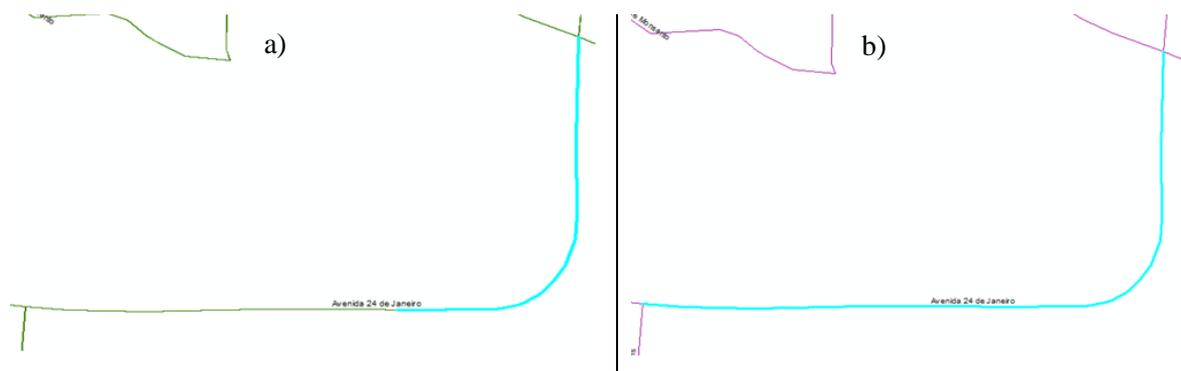


Figura 3.3. Avenida 24 de Julho antes e após correção topológica

Posteriormente, tentou-se utilizar as segundas moradas (morada 2), presentes no campo das “Observações” que correspondem a descrições textuais que identificam intersecções ou início/fim de outra estrada permitindo identificar o local do acidente, de modo a melhorar a precisão dos registos. Com uma amostra de dados teste, adicionou-se, em ArcMap, os eventos com a segunda morada e o mesmo ID do acidente da primeira morada. Procurou-se determinar o ponto onde as duas estradas se intersetavam, para se proceder à colocação desses eventos nos cruzamentos/intersecções mencionadas. Contudo, surgiram diversos problemas na metodologia pensada:

- **Problema 1:** a intersecção de dois eventos, um com a “morada 1” e outro com a “morada 2”, ambos com mesmo ID, apresentava várias soluções para a localização do acidente,

nomeadamente estradas ou vias com diversas ramificações/aceessos, não sendo possível conhecer exatamente o local onde ocorreu o acidente (Figura 3.4).

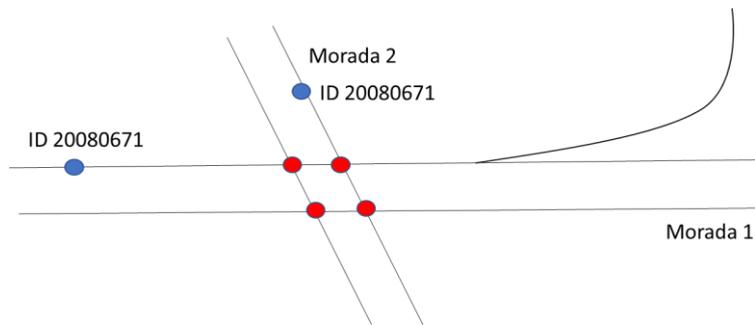


Figura 3.4 Ilustração do problema 1 (acidentes a azul e soluções a vermelho)

- Problema 2: moradas de estradas contíguas não apresentavam soluções, pois não se intersectam.
- Problema 3: havendo erros em algumas moradas textuais, determinados eventos não apresentavam as respetivas soluções de interseção de estradas.
- Problema 4: por último, a metodologia aplicada também cometia erros dando como solução interseções de acidentes com diferentes ID (Figura 3.5).

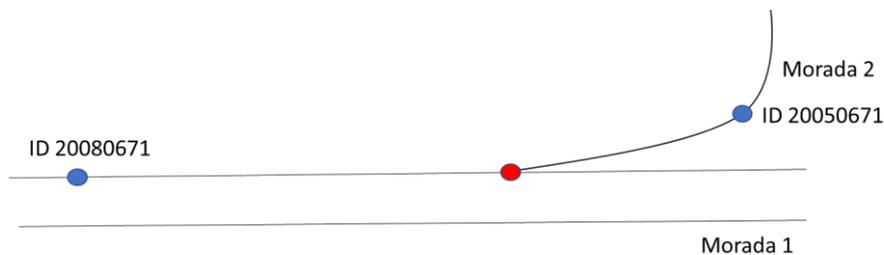


Figura 3.5. Ilustração do problema 4 (acidentes a azul e solução a vermelho)

Sendo que não foi possível a resolução dos problemas em questão e apresentação de uma metodologia mais adequada, utilizaram-se todos os dados considerando apenas a primeira morada do registo do acidente para as análises realizadas. A Figura 3.6 apresenta os acidentes rodoviários e a rede viária de Lisboa distribuídos pela área de estudo.

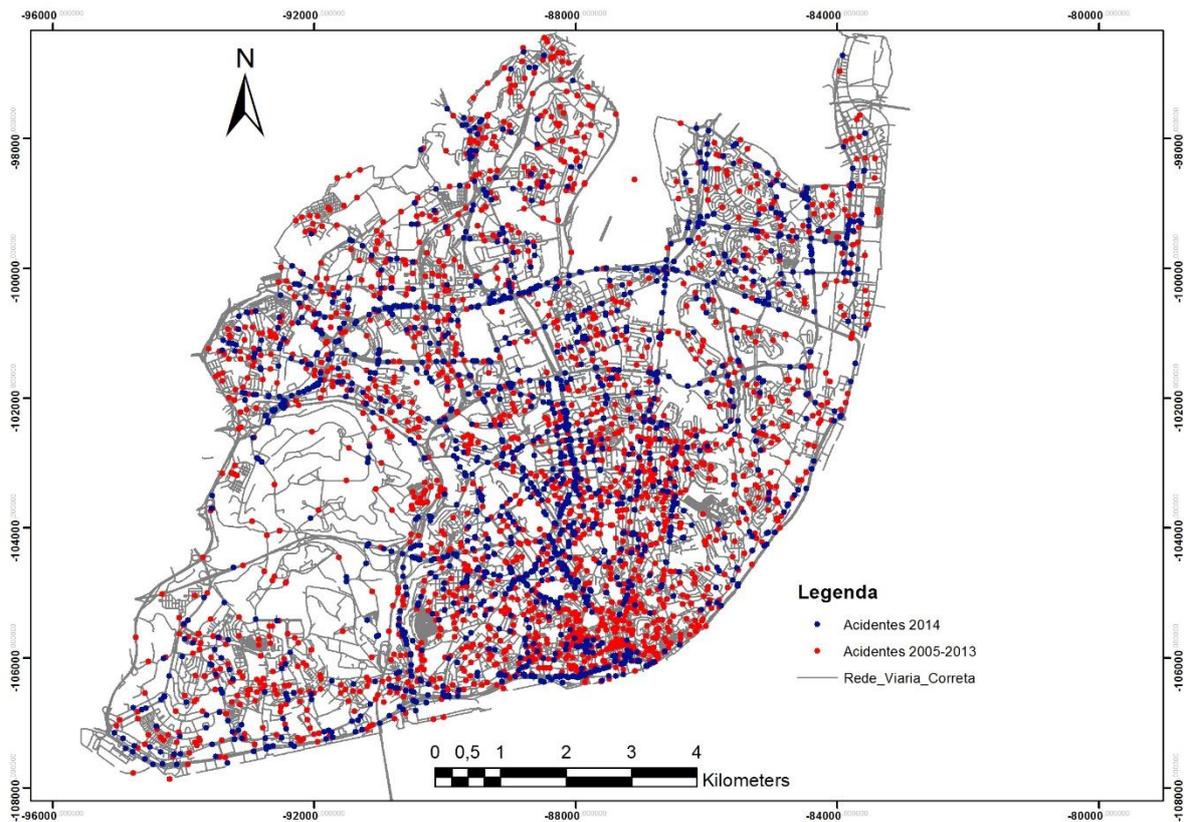


Figura 3.6. Rede viária e acidentes rodoviários

3.3.2. Análise estatística dos acidentes rodoviários da série temporal 2005 – 2014

A análise estatística dos dados é fundamental para uma melhor perceção da distribuição dos acidentes no espaço e no tempo. Nesta análise são utilizados todos registos de acidentes, agrupados em diversas classes. Esta divisão de classes é importante para a categorização dos acidentes, contribuindo para a perceção de como os eventos se distribuem por ano, por estação do ano, por dia da semana, por período do dia, por hora, por tipo de acidentes, por tipo e pormenor de acidente, por condições atmosféricas, por hora e luminosidade, dia da semana e período do dia e por fim por mês e condições atmosféricas.

3.3.2.1. Número de acidentes por ano

A evolução do número de acidentes por ano é observada na Tabela 3.4 e pela Figura 3.7. O ano com maior número de acidentes é o ano de 2005 e o menor é o ano 2008. O número de acidentes registados vai diminuindo gradualmente entre 2005 e 2008, havendo depois um ligeiro aumento nos dois anos seguintes e posteriormente uma estabilização entre os anos de 2011 e 2014. É possível que o decréscimo dos acidentes de 2005 a 2008 esteja relacionado com as alterações ao código da estrada e a ENSR desenvolvida. Desconhece-se as razões que possam ter levado ao aumento dos acidentes entre 2008 e 2010, mas foram tomadas medidas para que não houvesse um aumento nos anos seguintes.

Tabela 3.4. Número de acidentes por ano

Mês	Número de Acidentes
2005	2384
2006	2341
2007	2214
2008	1946
2009	2206
2010	2403
2011	2205
2012	2181
2013	2244
2014	2368

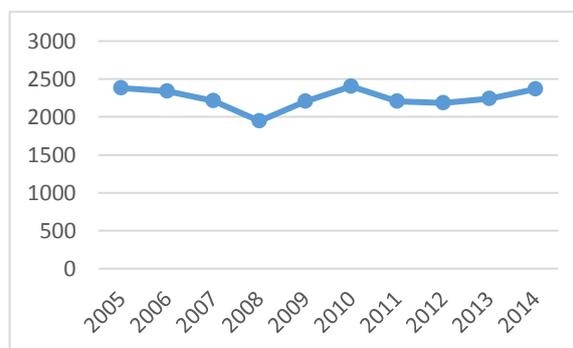


Figura 3.7. Número de acidentes por ano

3.3.2.2. Número de acidentes por estações do ano

Após categorizar os registos dos eventos por mês é possível agrupá-los e estudar os acidentes pelas estações do ano:

- **Primavera** - março, abril, maio;
- **Verão** - junho, julho, agosto;
- **Outono** - setembro, outubro, novembro;
- **Inverno** – dezembro, janeiro, fevereiro.

Com esta divisão é possível observar através da Tabela 3.5 e Figura 3.8 que no outono existe maior número de acidentes, julgando-se ser devido ao recomeço do período de trabalho após férias, e tem tendência de diminuir nas estações seguintes, sendo o verão a estação que regista menos acidentes, podendo esse facto estar relacionado com os períodos de férias em que os portugueses se ausentam do município, havendo naturalmente menor fluxo de carros na cidade.

Tabela 3.5. Número de acidentes por mês

Estação do Ano	Número de Acidentes
Primavera	5472
Verão	5196
Outono	6296
Inverno	5528

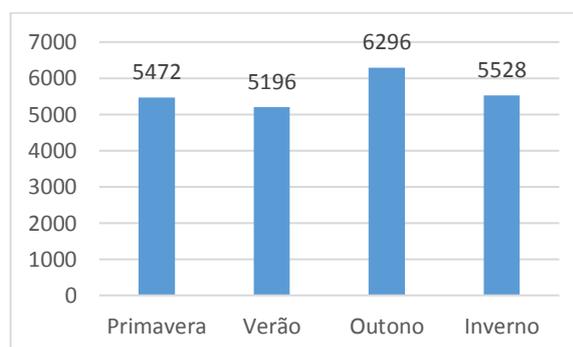


Figura 3.8. Número de acidentes por estação do ano

3.3.2.3. Número de acidentes por dia da semana

A importância de organizar os acidentes pelo dia da semana, traduz-se na necessidade de compreender se os dias têm influência no número de acidentes, assim como analisar a sua distribuição durante a semana comparativamente aos fins de semana. Verifica-se que no fim de semana há um decréscimo do número de acidentes, sendo mais evidente aos domingos, havendo o aumento gradual durante a semana, entre segunda e sexta-feira (Tabela 3.6 e Figura 3.9). Os números durante os dias da semana são elevados por haver um grande volume de tráfego a circular nesses dias, uma vez que são os dias em que as pessoas se dirigem para o trabalho.

Tabela 3.6. Número de acidentes por dia da semana

Dia da Semana	Número de Acidentes
Segunda	3355
Terça	3409
Quarta	3572
Quinta	3657
Sexta	3663
Sábado	2649
Domingo	2187

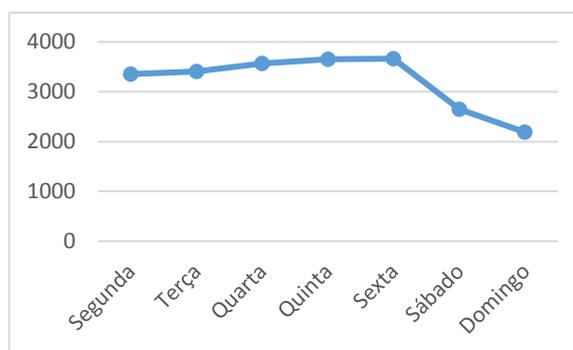


Figura 3.9: Número de acidentes por dia da semana

3.3.2.4. Número de acidentes por período do dia

O objetivo de avaliar o número de acidentes por períodos do dia, é perceber a distribuição dos eventos numa análise mais refinada temporalmente. Para tal, definiu-se os seguintes períodos do dia: “Madrugada” (2h - 7h), “Manhã” (7h - 12h), “Tarde” (12h - 20h) e “Noite” (20h - 2h). Verifica-se um maior número de acidentes durante o período da tarde, em contraste com a madrugada que apresenta um menor número de acidentes, por haver menor tráfego rodoviário que circula nesse período (Figura 3.10).

Tabela 3.7. Número de acidentes por período do dia

Período do Dia	Número de acidentes
Madrugada	1415
Manhã	5950
Tarde	11213
Noite	3914

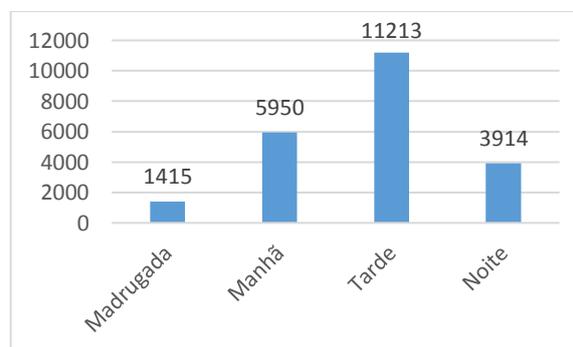


Figura 3.10: Número de acidentes por período do dia

3.3.2.5. Número de acidentes por hora

Com a análise dos acidentes por hora (Tabela 3.8 e Figura 3.11) pode-se verificar se existem períodos onde haja um aumento significativo de acidentes. Neste caso, é possível perceber que existe influência das horas de ponta, tanto de manhã, onde se observa um pico no período das 9h às 10h, como de tarde, no período das 18h às 19h.

Tabela 3.8 Número de acidentes por hora

Intervalo Hora	Número de acidentes	Intervalo Hora	Número de acidentes
00:00-01:00	507	12:00-13:00	1254
01:00-02:00	330	13:00-14:00	1237
02:00-03:00	264	14:00-15:00	1334
03:00-04:00	236	15:00-16:00	1373
04:00-05:00	247	16:00-17:00	1460
05:00-06:00	294	17:00-18:00	1538
06:00-07:00	374	18:00-19:00	1640
07:00-08:00	663	19:00-20:00	1377
08:00-09:00	1280	20:00-21:00	1032
09:00-10:00	1431	21:00-22:00	786
10:00-11:00	1314	22:00-23:00	629
11:00-12:00	1262	23:00-00:00	630

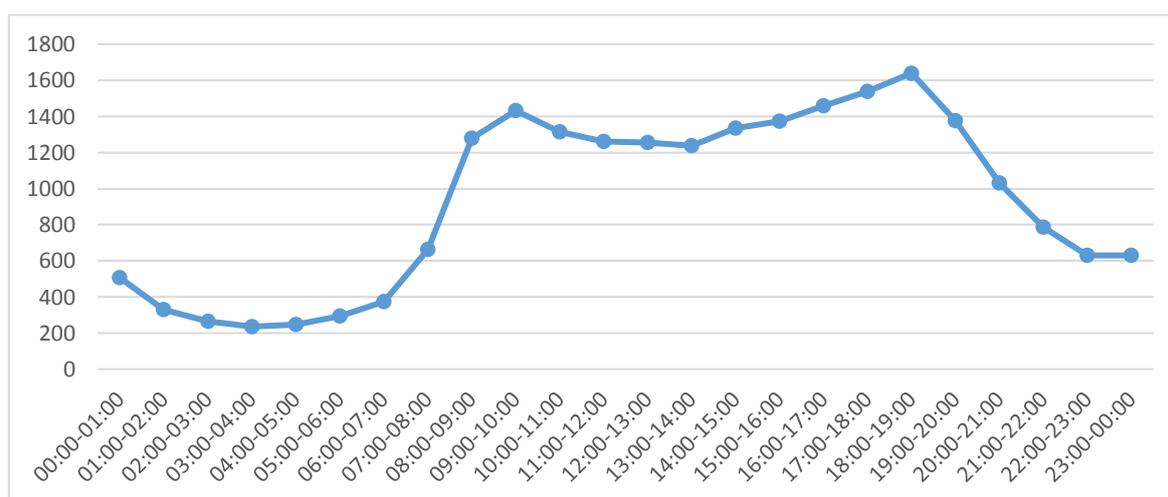


Figura 3.11: Número de acidentes por hora

3.3.2.6. Número de acidentes por tipo de acidente

Posteriormente realizou-se uma análise aos registos, descritos anteriormente, por tipo de acidente ocorrido, podendo ser por atropelamento, colisão ou despistes. Pela Tabela 3.9 e Figura 3.12, percebe-se que existe um maior número de acidentes por “Colisão” e menor por “Despiste”.

Tabela 3.9. Número de acidentes por tipo de acidente

Tipo Acidente	Número de acidentes
Atropelamento	6721
Colisão	11692
Despiste	4079

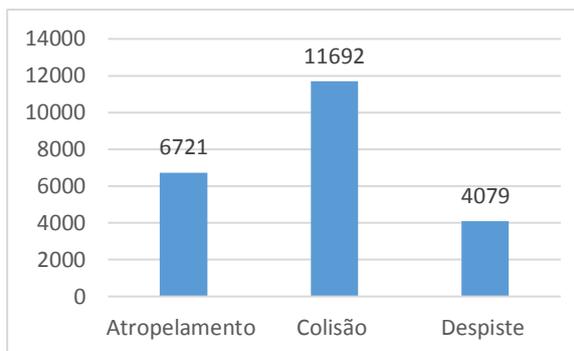


Figura 3.12: Número de acidentes por tipo de acidente

3.3.2.7. Número de acidentes por tipo e pormenor de acidente

De seguida, realizou-se uma contagem do número de acidentes pelo seu tipo (Atropelamento, Colisão e Despiste) pelo pormenor do acidente descrito nos dados fornecidos. Verifica-se que os números mais consideráveis de atropelamentos acontecem com peões (Tabela 3.10 e Figura 3.13).

Tabela 3.10. Número de acidentes por tipo e pormenor do acidente

Tipo Acidente	Pormenor	Número de acidentes
Atropelamento	com fuga	515
	de animais	18
	de peões	6188
Colisão	choque em cadeia	614
	com fuga	294
	com outras situações	2811
	com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	805
	frontal	1092
	lateral com outro veículo em movimento	3795
Despiste	traseira com outro veículo em movimento	2281
	com capotamento	421
	com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	565
	com dispositivo de retenção	889
	com fuga	42
	com transposição do dispositivo retenção lateral	120
	sem dispositivo de retenção	1215
simples	827	

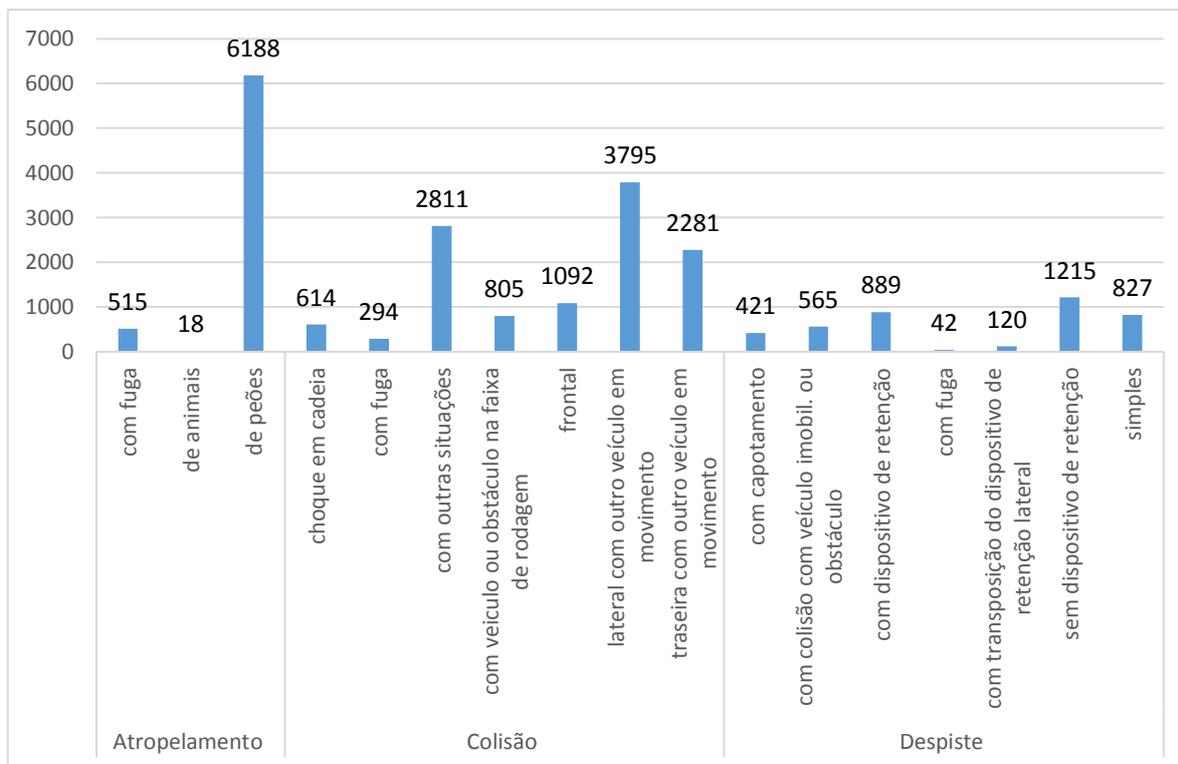


Figura 3.13: Número de acidentes por tipo e pormenor do acidente

3.3.2.8. Número de acidentes por condições atmosféricas

A análise realizada aos acidentes pelas condições atmosféricas (Tabela 3.11 e Figura 3.14) revela que a maioria dos dados, 82.1%, são descritos como tendo acontecido em “Bom tempo”. O segundo campo com mais dados é o descrito como “Chuva” com 15,6% dos dados. Os restantes, “Granizo”, “Neve”, “Nevoeiro” e “Vento Forte” não apresentam registos significativos. Por último, existem ainda 475 registos de acidentes cujas condições atmosféricas não se apresentam definidas. Optou-se por não realizar análises ao nível das freguesias e estradas pelas condições atmosféricas por a maioria dos dados serem descritos como tendo ocorrido com bom tempo. Na caracterização das estradas é usado a fim de perceber se em alguns locais em que se localizam os acidentes pode ter influência as más condições meteorológicas no tipo de acidente.

Tabela 3.11. Número de acidentes por fatores atmosféricos

Fatores Atmosféricos	Número de acidentes
Bom tempo	18464
Chuva	3515
Granizo	6
Não definido	475
Neve	2
Nevoeiro	20
Vento Forte	10

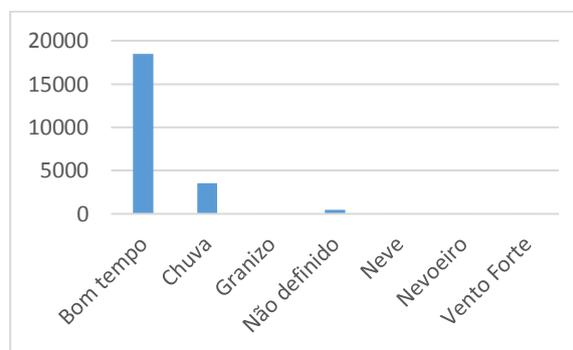


Figura 3.14: Número de acidentes por condições atmosféricas

3.3.2.9. Número de acidentes por hora e luminosidade

Com a análise conjugada da hora do acidente (Tabela 3.12 e Figura 3.15) assim como a luminosidade descrita no ficheiro fornecido é possível perceber que existem incoerências, uma vez que, por exemplo, à 1h da madrugada não existe sol e no campo da luminosidade o acidente é descrito como

tempo acontecido em pleno dia. Por essa razão, a luminosidade não foi utilizada para as análises realizadas.

Tabela 3.12. Número de acidentes por hora e luminosidade

Hora	Aurora ou crepúsculo	Pleno dia	Não definido	Noite, com iluminação	Noite, sem iluminação	Sol escandeante
00:00-01:00	1	32	4	464	6	-
01:00-02:00	-	16	4	307	3	-
02:00-03:00	1	6	2	251	4	-
03:00-04:00	-	10	2	218	6	-
04:00-05:00	1	10	4	229	3	-
05:00-06:00	14	21	2	254	3	-
06:00-07:00	108	101	3	159	2	1
07:00-08:00	97	542	4	15	-	5
08:00-09:00	20	1230	12	7	3	8
09:00-10:00	1	1402	16	5	5	2
10:00-11:00	-	1299	7	6	1	1
11:00-12:00	-	1244	17	1	-	-
12:00-13:00	-	1239	9	3	2	1
13:00-14:00	-	1222	10	1	4	-
14:00-15:00	1	1313	14	2	4	-
15:00-16:00	3	1351	15	2	1	1
16:00-17:00	9	1428	8	8	3	4
17:00-18:00	76	1311	17	123	4	7
18:00-19:00	150	938	11	522	12	7
19:00-20:00	88	537	18	715	9	10
20:00-21:00	69	158	4	782	16	3
21:00-22:00	6	25	4	737	14	-
22:00-23:00	1	24	4	585	15	-
23:00-00:00	2	18	7	589	14	-

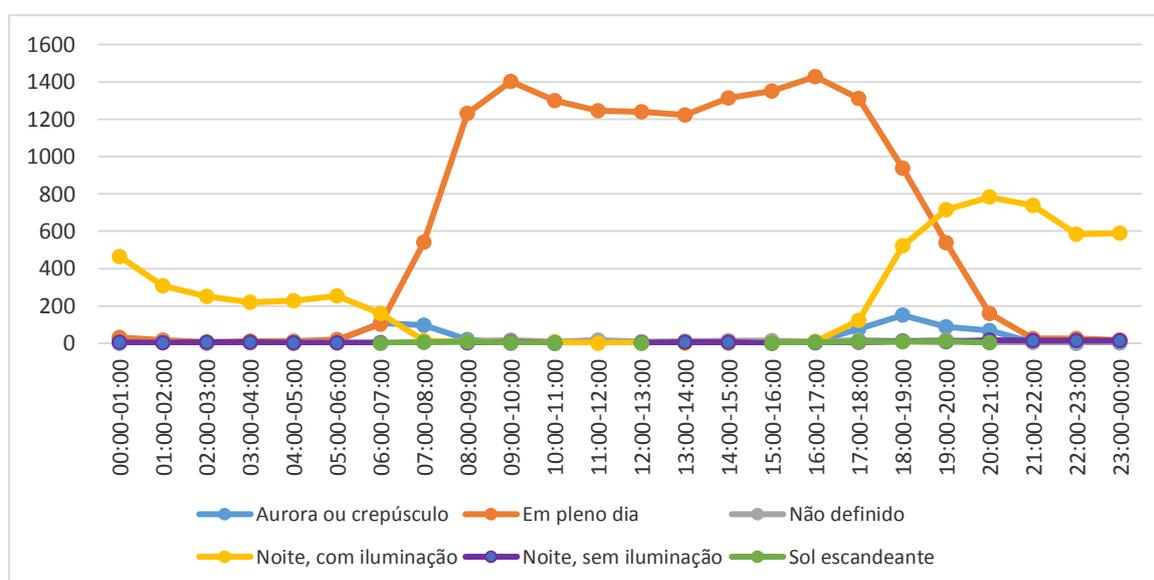


Figura 3.15: Número de acidentes por hora e luminosidade

3.3.2.10. Número de acidentes por dia da semana e período do dia

Através da análise do número de acidentes por dia da semana e período do dia (Tabela 3.13 e Figura 3.16) é possível observar que em todos os dias, o número de acidentes vai aumentando desde a madrugada até ao período da tarde, período onde existe o maior número de acidentes, diminuindo à noite. A variação entre o fim de semana e os dias de semana é apenas no número de acidentes registados, que é menor aos fins de semana.

Tabela 3.13. Número de acidentes por dia da semana e período do dia

Dia da Semana	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite
Sábado	360	589	1134	566
Domingo	307	423	966	491
Segunda	120	933	1810	492
Terça	113	927	1806	563
Quarta	137	1028	1837	570
Quinta	173	1089	1778	617
Sexta	205	961	1882	615

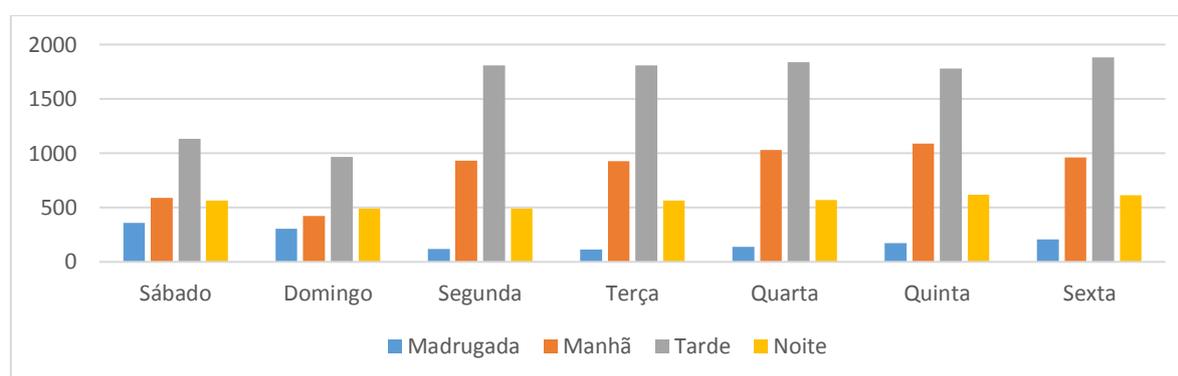


Figura 3.16: Número de acidentes por dia da semana e período do dia

3.3.3. Análise dos dados por freguesia (2005-2014)

Primeiramente, calculou-se a frequência dos acidentes por cada freguesia e, posteriormente, sabendo a área de cada freguesia a densidade dos acidentes, presentes na Tabela 3.14. Com a análise espacial dos dados ao nível da área, pode concluir-se que as freguesias com maior frequência de acidentes são Alvalade e Olivais. No entanto, em termos de densidade de registos por área, o número mais elevado verifica-se em Santo António, por ter uma área pequena comparativamente a Benfica e Olivais.

Tabela 3.14. Frequência e Densidade de acidentes por freguesia

Freguesia	Área (km ²)	Frequência (n)	Densidade (n/km ²)
Estrela	4,604	849	184,41
Misericórdia	2,1922	603	275,07
Santa Maria Maior	3,01	852	282,91
Belém	10,43	960	92,06
São Vicente	1,99	238	119,85
Campo de Ourique	1,65	569	344,56
Ajuda	2,88	390	135,58
Alcântara	5,07	1113	219,32
Santo António	1,49	947	633,74
Arroios	2,13	1090	512,27

Penha de França	2,71	487	179,66
Beato	2,48	293	117,96
Campolide	2,77	1094	394,33
Avenidas Novas	2,99	1537	513,27
Areiro	1,72	530	308,34
São Domingos de Benfica	4,29	1157	269,43
Benfica	8,02	1242	154,77
Marvila	7,12	973	136,61
Alvalade	5,34	2017	377,60
Carnide	3,69	1104	299,26
Lumiar	6,57	1293	196,66
Olivais	8,09	1738	214,89
Santa Clara	3,36	332	98,94
Parque das Nações	5,44	760	139,83

Seguidamente, avaliou-se o número de acidentes por freguesia (Figura 3.17). É possível verificar que as freguesias de Alvalade e Olivais apresentam o maior número de acidentes. Por sua vez, as freguesias da Ajuda, Santa Clara, Beato e São Vicente apresentam menor número de registos.

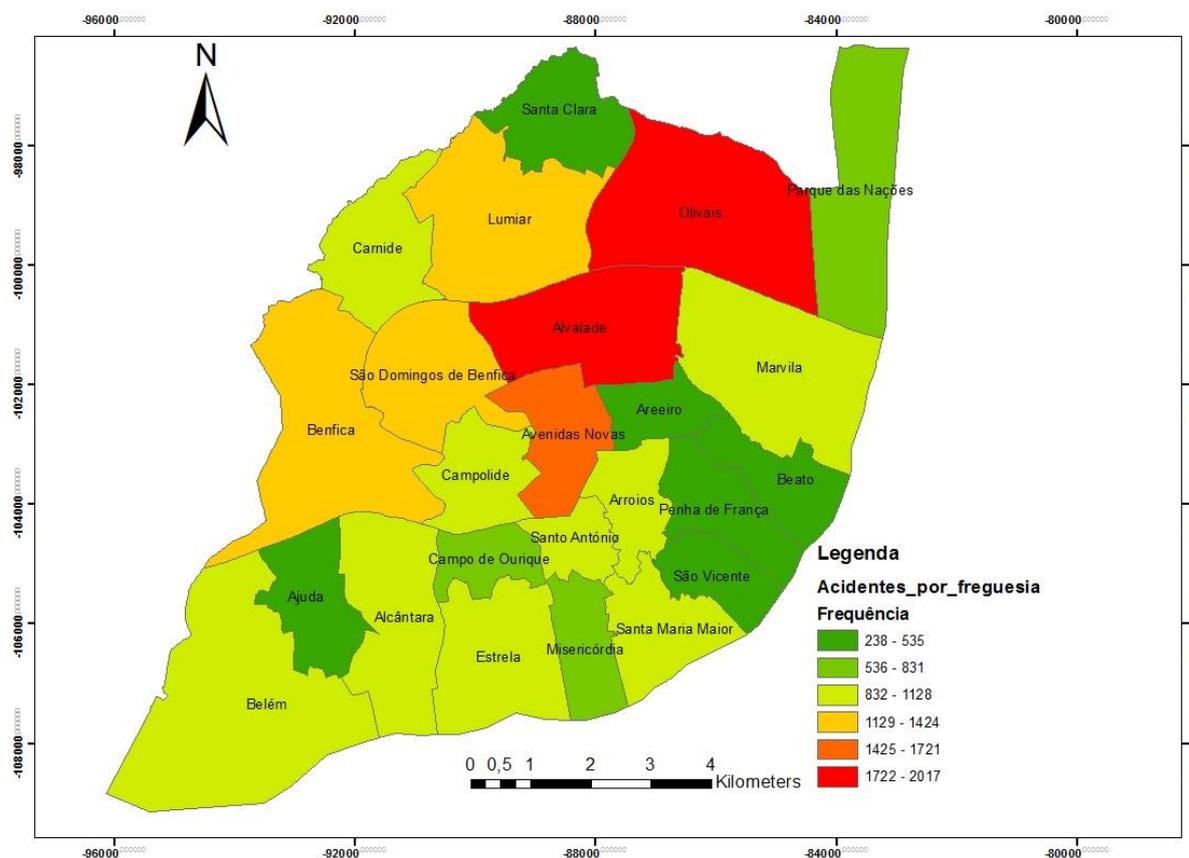


Figura 3.17: Número de acidentes por freguesia

O tipo de análise realizada permite ainda concluir que novamente os Olivais é a freguesia com maior número de registos de feridos graves, seguindo-se Alvalade e Arroios. Já em termos de maior número de feridos leves, Alvalade apresenta o maior número, assim como os Olivais e as Avenidas Novas (Figura 3.18).

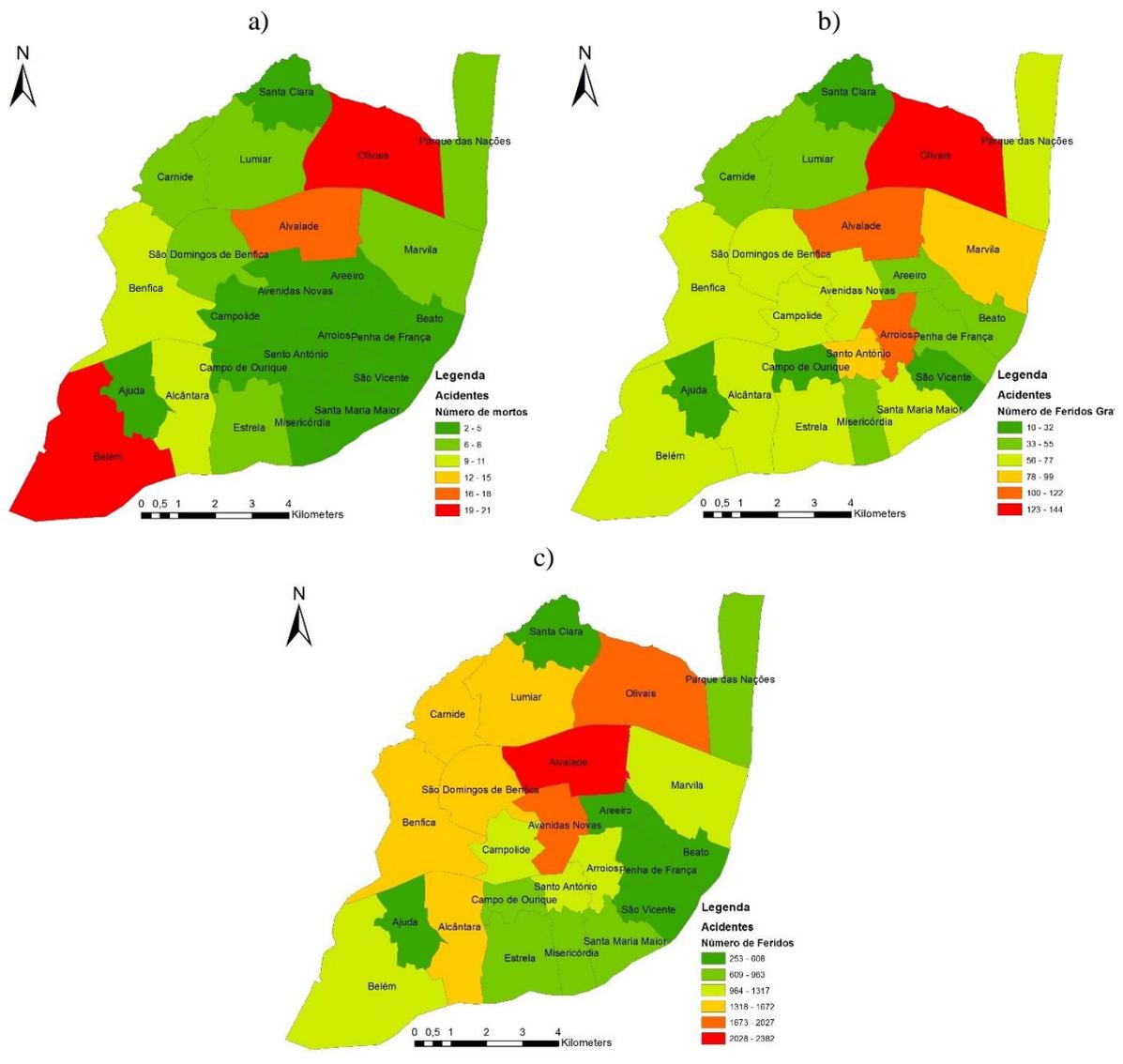


Figura 3.18. Número de acidentes por fatalidades e feridos a) mortos; b) feridos graves; c) feridos ligeiros

3.3.3.1. Análise por tipo de acidente

Existem três tipos de acidentes: atropelamento, colisão e despiste. A análise do tipo de acidente com a componente espacial permite perceber se existem regiões mais ou menos propícias a cada tipo de acidente. Analisando os dados por atropelamento, colisão e despiste, observa-se, na Figura 3.19, que o maior número de acidentes registados pela ANSR ocorre por colisão (Figura 3.20 b). Os acidentes por atropelamentos (Figura 3.20 a) ocorrem na maioria nas freguesias de Alvalade, Arroios e Avenidas Novas. As freguesias com maior número de despistes (Figura 3.20 c) são Campolide, Olivais e Alcântara. Por último, e apresentando dados mais significativos, as freguesias com maior número de colisões são Alvalade, Olivais e Avenidas Novas.

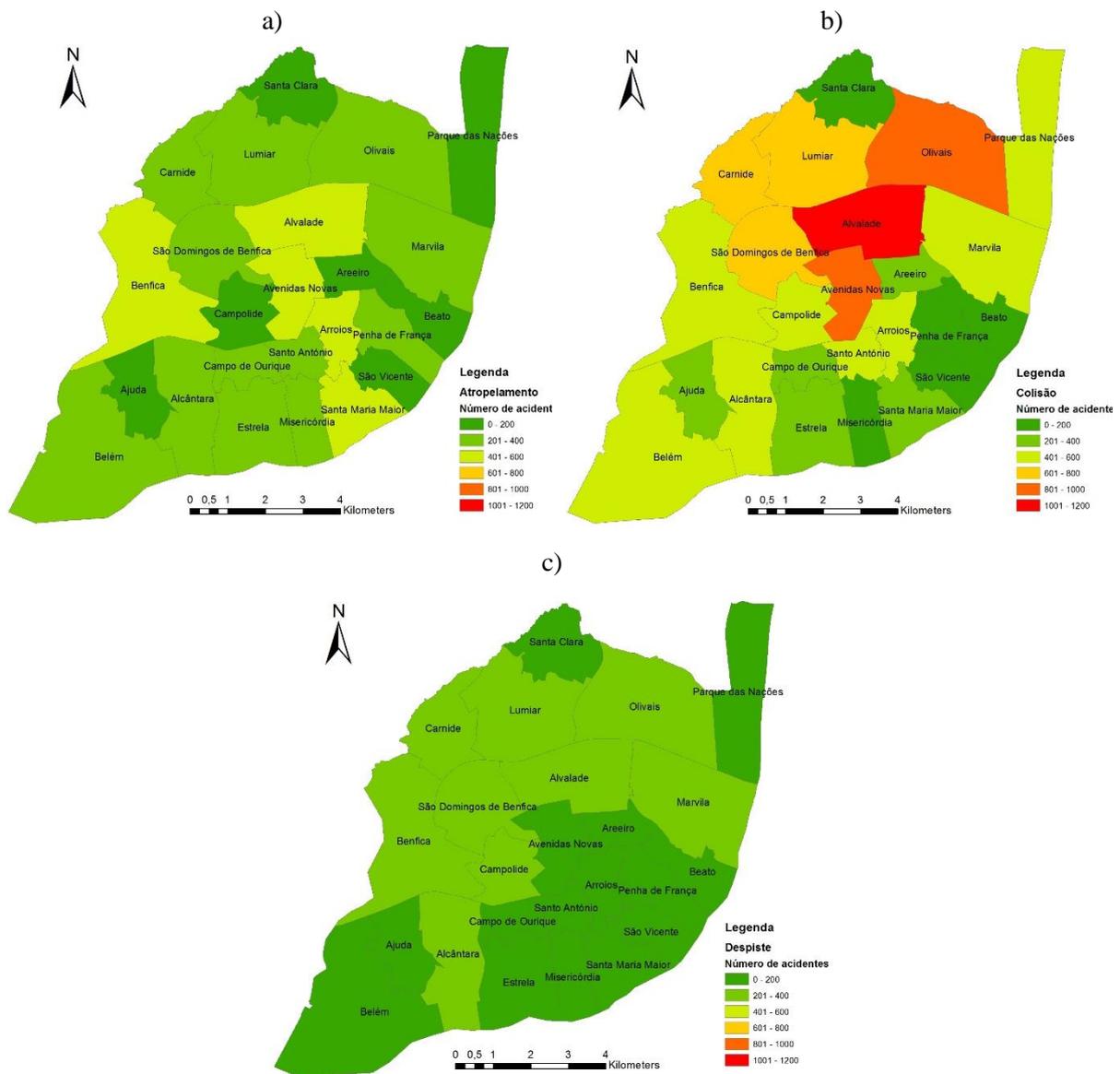
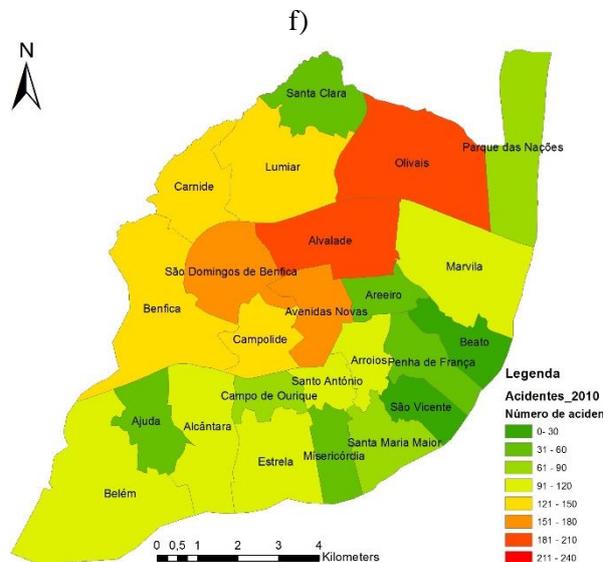
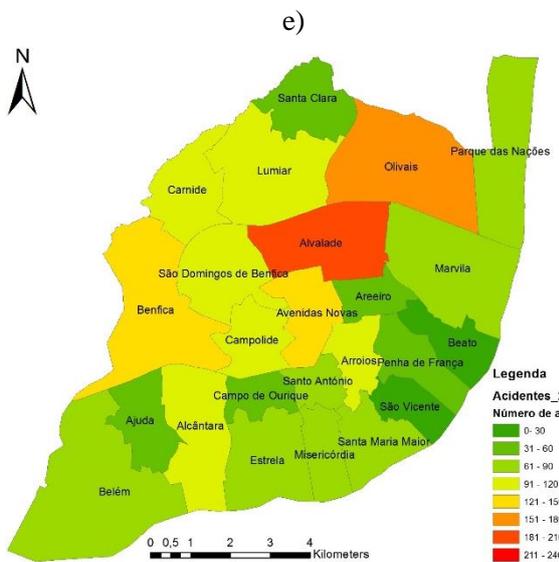
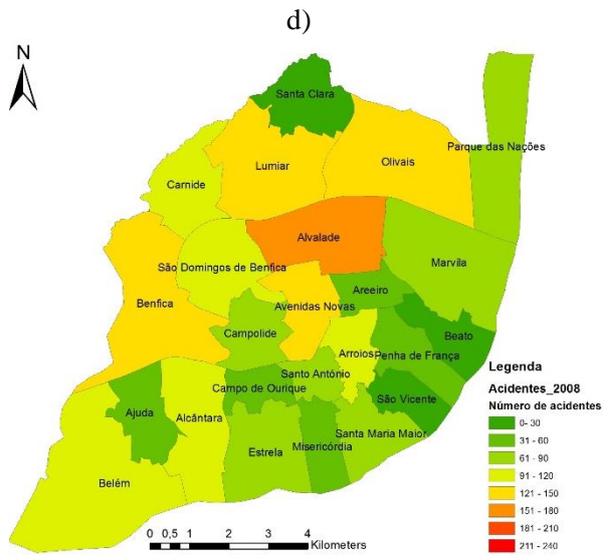
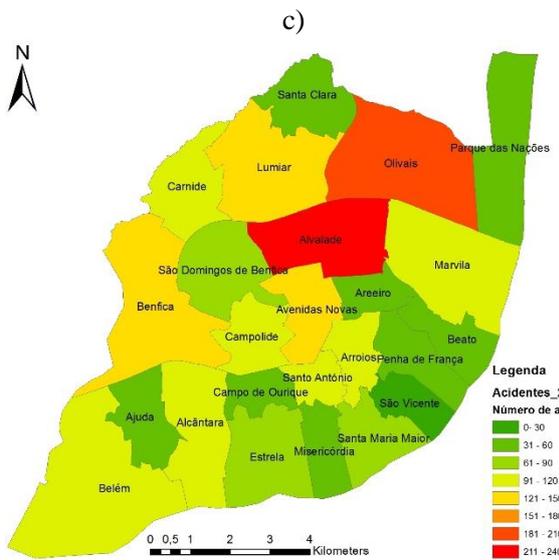
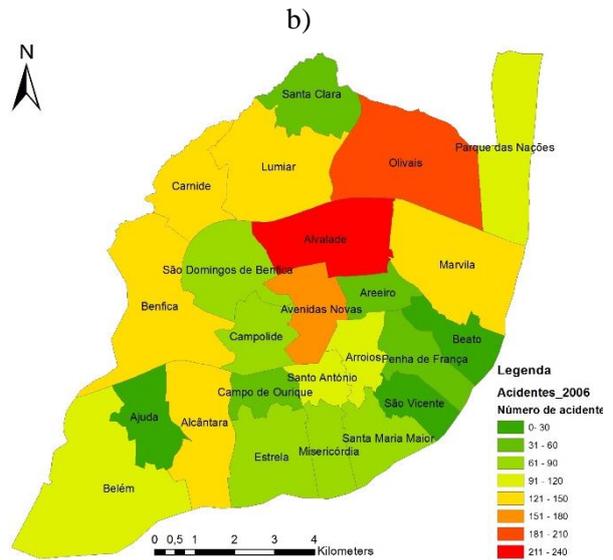
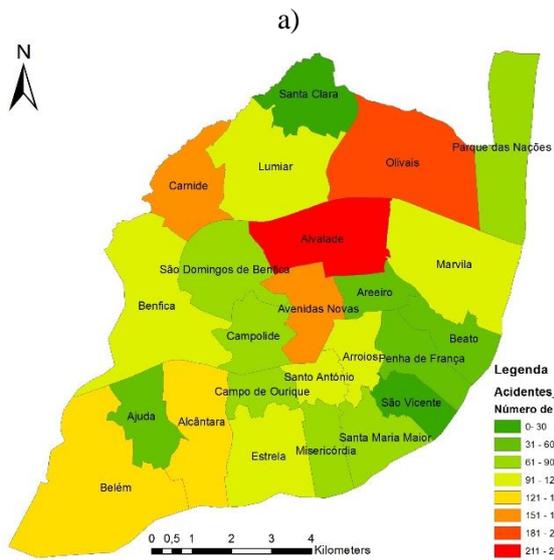


Figura 3.19. Número de acidentes ocorridos por tipo de acidente. a) Atropelamento; b) Colisão; c) Despiste

3.3.3.2. Análise de acidentes por ano

Relativamente ao estudo dos dados por ano (Figura 3.20), verifica-se que entre 2005 e 2008 existe uma descida de ano para ano do número de acidentes registados, sendo o ano de 2008 (d) o ano com menor número de anotações (1946). Nos dois anos seguintes existe um aumento constante, sendo o ano 2010 (f) o ano com maior número de registos do período estudado. Em 2011 (g) existe uma descida, havendo uma subida ligeira ao longo dos anos seguintes até 2014 (j).



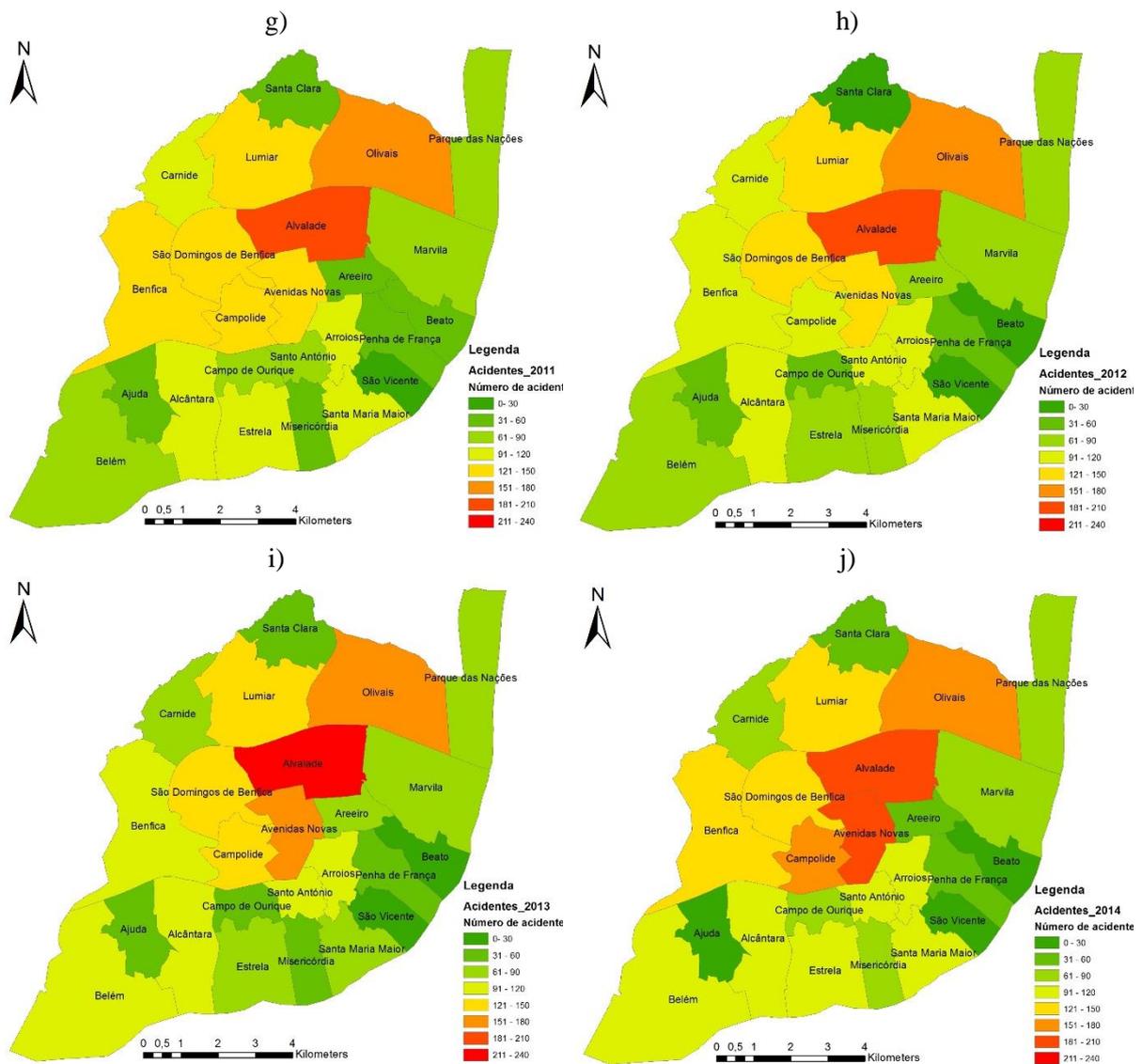


Figura 3.20. Número de acidentes ocorridos por ano. a) 2005, b) 2006, c) 2007, d) 2008, e) 2009, f) 2010, g) 2011, h) 2012, i) 2013, j) 2014

3.3.3.3. Análise de acidentes por estação do ano

Existem alturas do ano mais propícias a chuvas podendo ou não influenciar os acidentes que acontecem. Assim, decidiu-se analisar os acidentes por estação do ano (Figura 3.20). Verifica-se que o Outono (c) é a época que apresenta um número mais elevado de acidentes por freguesia. A freguesia de Alvalade e a dos Olivais apresentam-se como freguesias com maior número de acidentes independentemente da estação do ano.

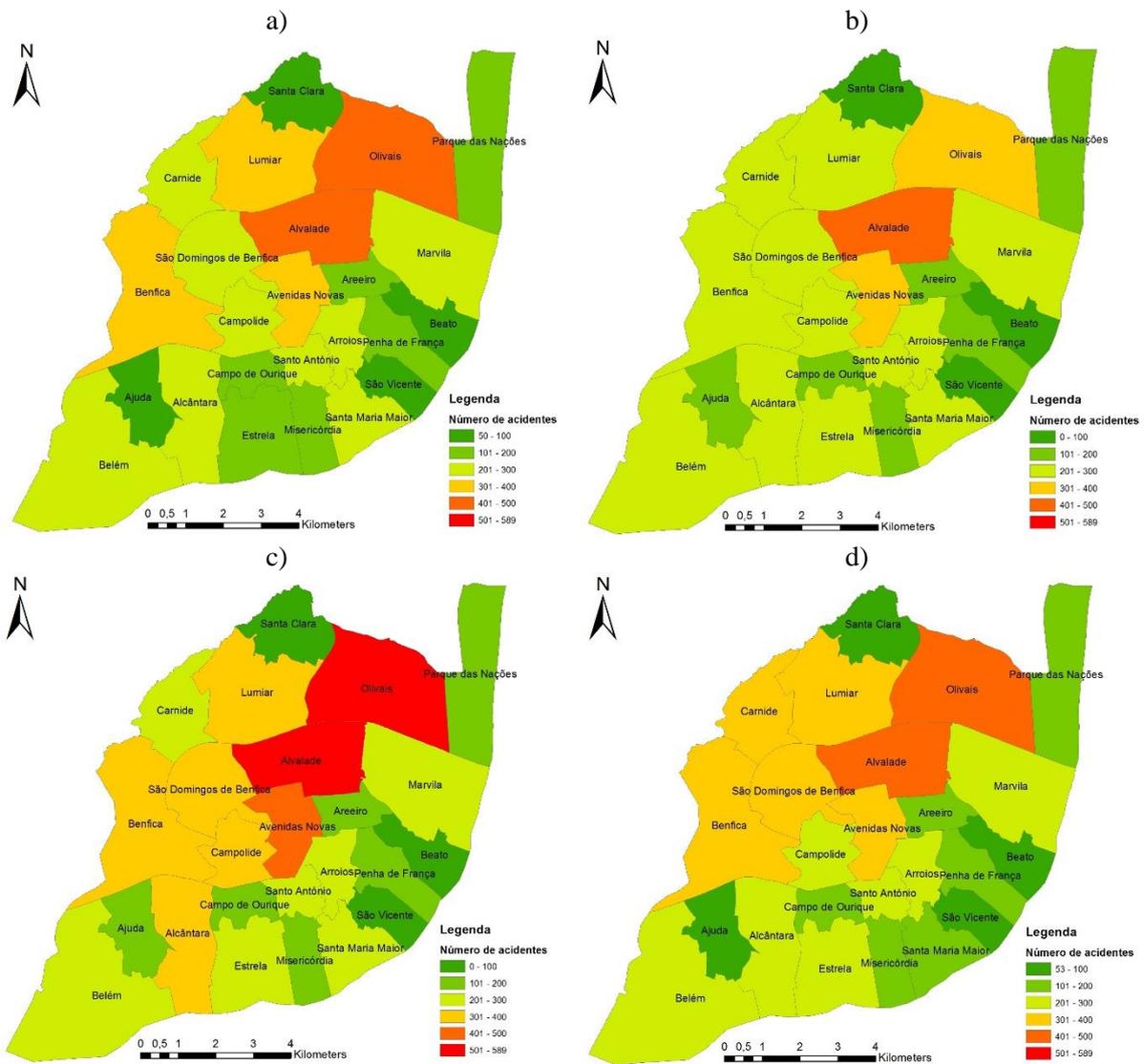
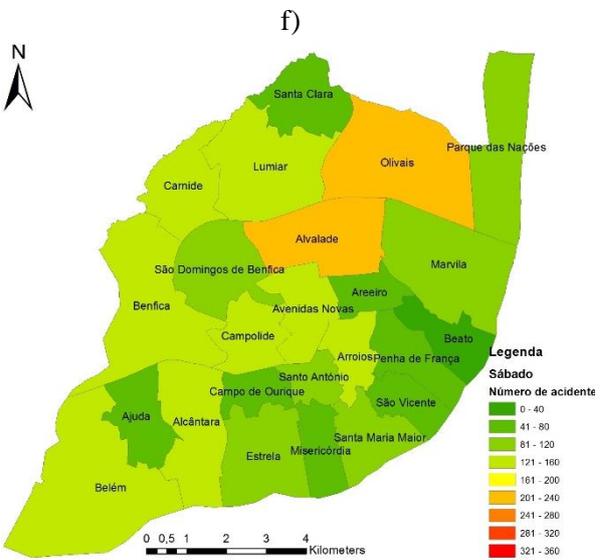
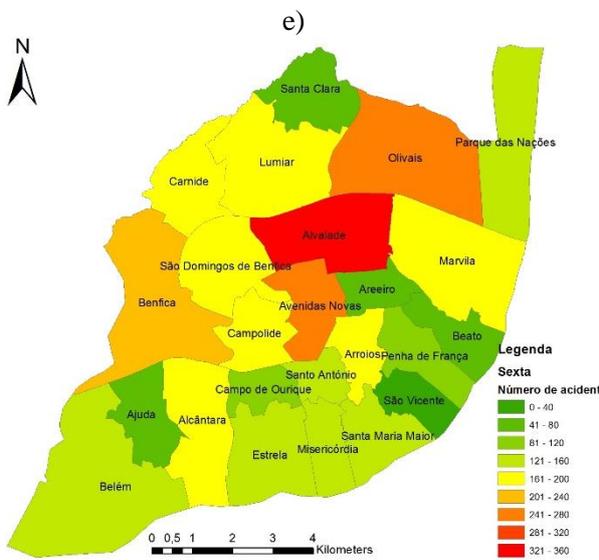
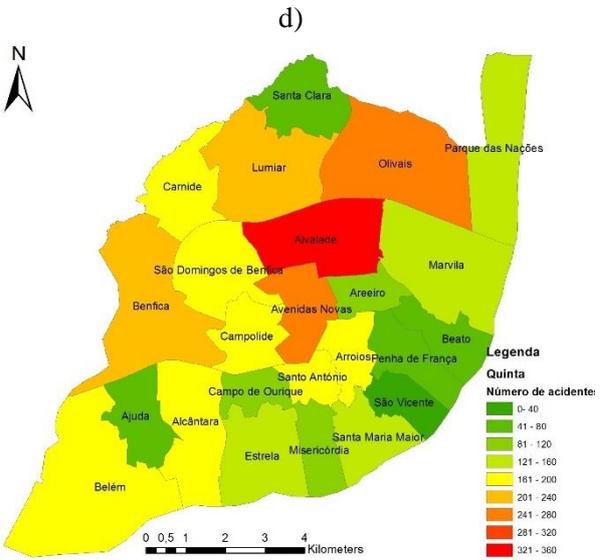
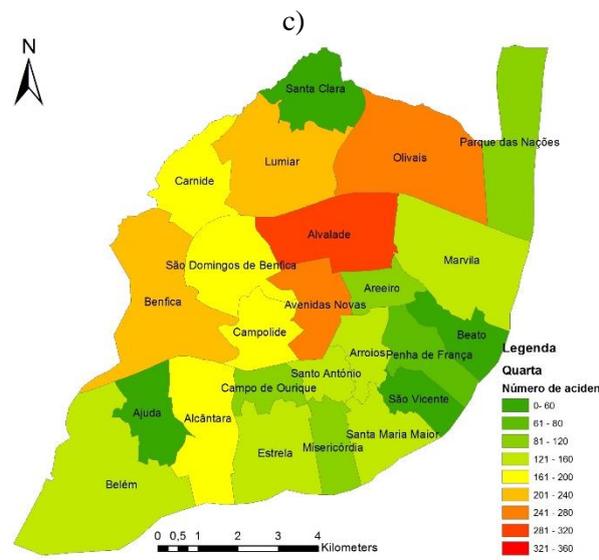
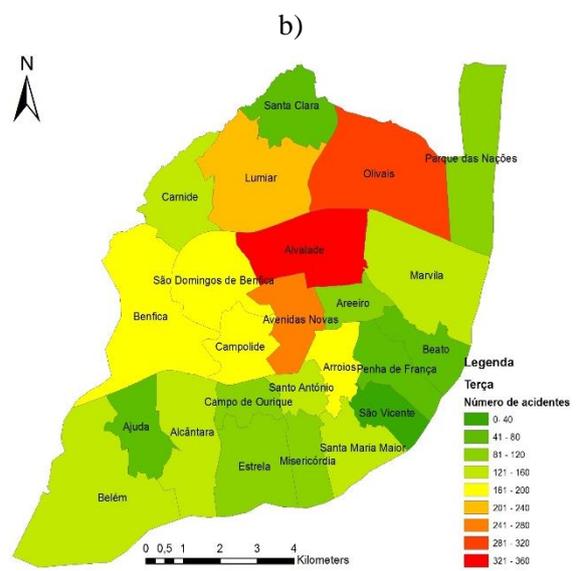
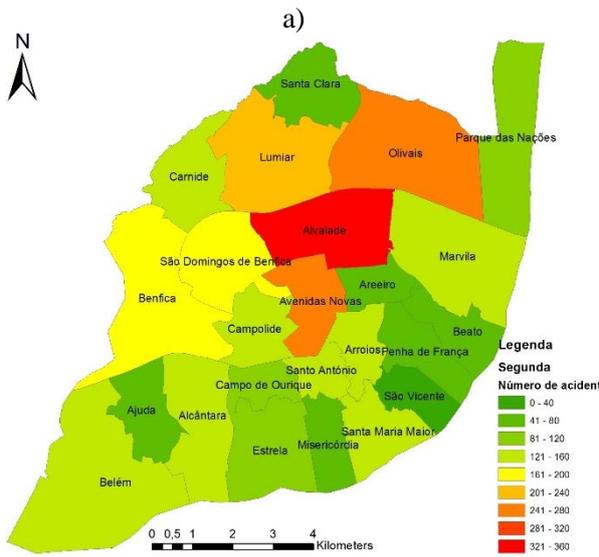


Figura 3.21. Número de acidentes ocorridos por estação do ano. a) Primavera, b) Verão, c) Outono; d) Inverno

3.3.3.4. Análise de acidentes por dia da semana

Os dias de semana são caracterizados por maior fluxo de carros, pois são, para a maioria das pessoas, dias de trabalho. Foi necessário então refinar o estudo e analisou-se os acidentes por dia da semana (Figura 3.22). Verifica-se que o maior número de acidentes ocorre durante os dias de semana na freguesia de Alvalade, sendo que ao fim de semana o número de acidentes é menor, com novamente a freguesia de Alvalade e a freguesia dos Olivais a destacarem-se ligeiramente das restantes.



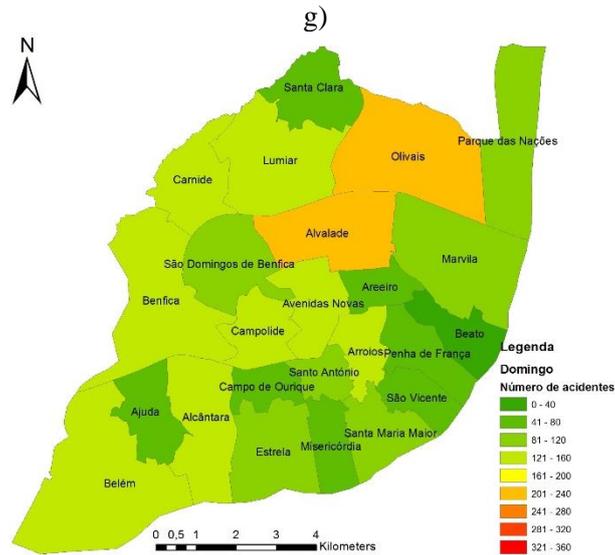
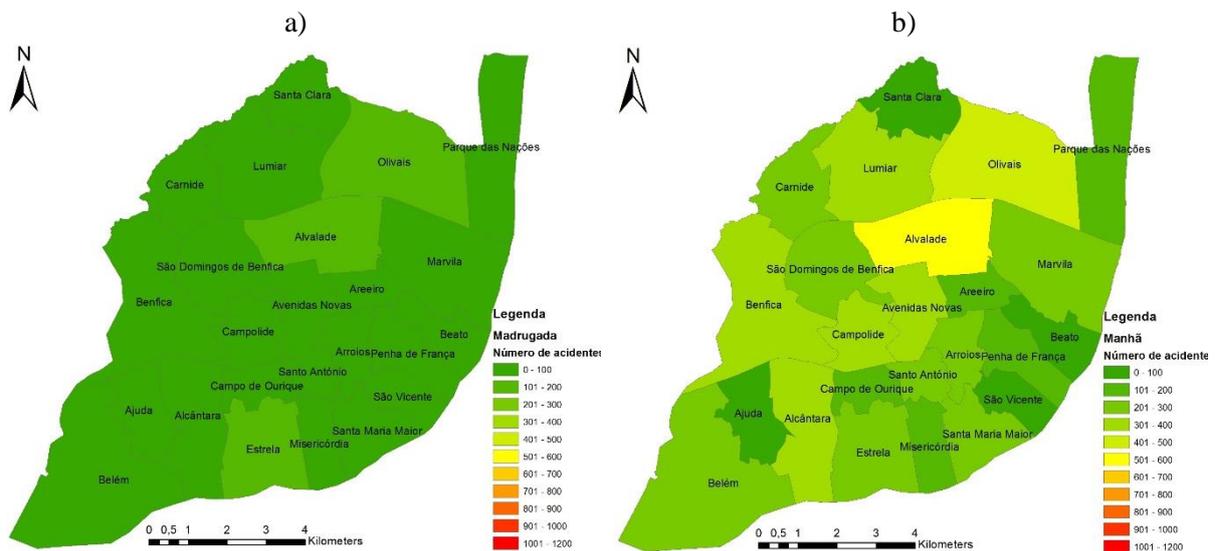


Figura 3.22. Número de acidentes por dia da semana. a) Segunda; b) Terça; c) Quarta; d) Quinta; e) Sexta; f) Sábado; g) Domingo

3.3.3.5. Análise de acidentes por período do dia

O número de carros que circulam nas vias não é constante a todas as horas. Existem horas de mais ou menos movimento de carros. A análise de acidentes por período do dia, na Figura 3.23, permite perceber que durante a madrugada (a) são poucos os acidentes comparativamente ao período da tarde (c) onde existe um maior número de registos.



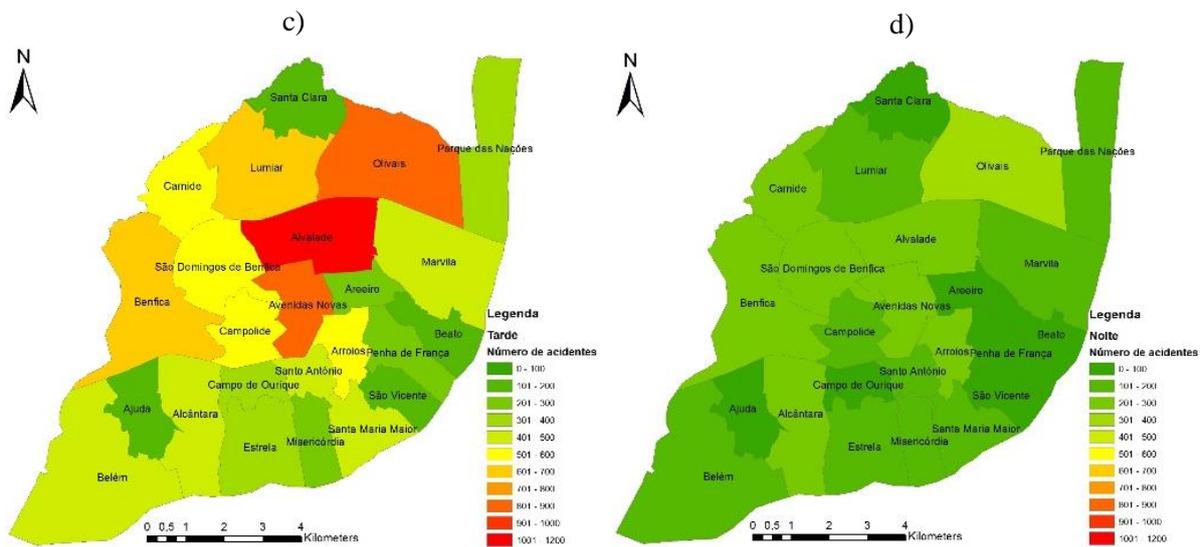


Figura 3.23. Número de acidentes ocorridos por período do dia

3.3.4. Análise dos acidentes por estrada

A primeira fase desta etapa consistiu em atribuir, de forma unívoca, a identificação do elemento da rede viária que corresponde ao ponto que representa o acidente. Após o processo de geocodificação, a localização espacial da maioria dos acidentes nem sempre se sobrepunha ao elemento linear de estrada, havendo sempre um desvio na sua posição levantando dúvidas quanto à identificação da estrada a que pertence, principalmente nos acidentes muito próximos de cruzamentos. A fim de fazer a associar a cada estrada da rede viária os acidentes ocorridos em cada uma, realizou-se um *buffer* à rede viária de 5 metros de largura para depois o intersectar com os eventos dos acidentes. No entanto, este processo cria registos duplicados, ou seja, um acidente que se localize perto de cruzamentos de estradas fica atribuído a duas estradas. Por exemplo, na Figura 3.25, o ponto verde representa um acidente que se localiza na Rua Febo Moniz, no entanto, ao intersectar com o *buffer* das estradas, além de intersectar com a rua correta, intersecta com a Rua Francisco Ribeiro.

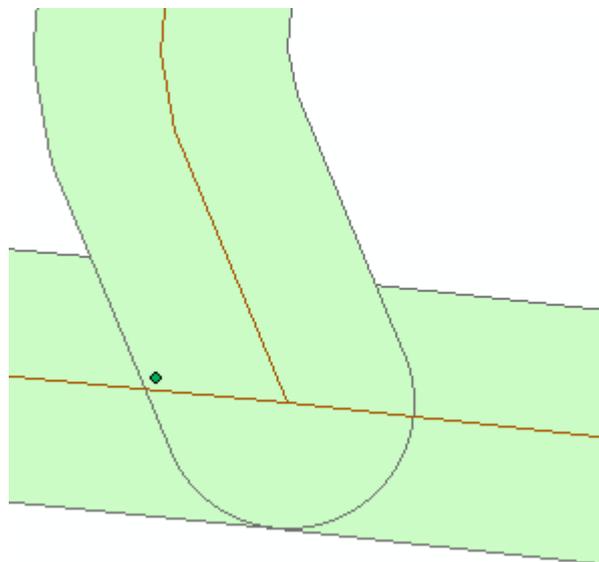


Figura 3.24. Ilustração do processo de duplicação de IDs por intersectar com duas estradas

Então foi realizada uma comparação dessas moradas com as moradas presentes na base de dados da rede viária. Esse processo foi realizado no software Microsoft Excel (2016), com uma ferramenta, *Fuzzy Look Up*, que permite a comparação de *strings*. Tornou-se vital para relacionar os nomes das estradas presentes nos dados fornecidos pela ANSR com as presentes na rede viária fornecida pela CML, atribuindo a todos os acidentes os nomes das estradas presentes na rede viária. Observa-se através da Tabela 3.15 alguns resultados da aplicação do algoritmo. Uma vez que este procedimento não é 100% fiável, pois atribui uma percentagem de similaridade entre as *strings* e atribui o nome semelhante existente na rede viária, houve a necessidade de verificar cada registo, analisando se a correspondência estava correta ou não, havendo alguns casos em que foi necessário fazer correções manualmente. É importante notar que abaixo dos 70% de similaridade, eram atribuídas designações de ruas erradas. No entanto, 2% dos dados iniciais (série temporal de 2005-2013) não tiveram qualquer correspondência, tratando-se de casos onde os nomes das ruas estão errados e/ou não existem, sendo impossível a sua correção. Visto esta percentagem não ser muito significativa dos dados referidos, não foram utilizados.

Tabela 3.15. Exemplo de resultados obtidos com a ferramenta *Fuzzy Look Up*

ID	Morada dos Acidentes	Morada da Rede Viária	Similaridade
77	Adro da Igreja	Adro da Igreja	100,00%
4229	Alameda António Sérgio	Alameda António Sérgio	100,00%
3812	Travessa Rebelo Silva	Travessa Rebelo da Silva	97,14%
15	Azinhada Torrinha	Azinhaga da Torrinha	95,61%
940	Estrada Forte Alto Duque	Estrada do Forte do Alto do Duque	95,56%
2536	Rua Marques Pontedo Lima	Rua Marquês de Ponte de Lima	91,83%
4045	Rua Francisco Martins	Rua Francisco Gentil Martins	91,76%
2416	Travessa São Domingos	Travessa Nova de São Domingos	91,76%
295	Avenida Professor Francisco da Gama Caeiro	Avenida Prof. Francisco da Gama Caeiro	82,52%
7	Via Engenheiro Duarte Pacheco	Avenida Engenheiro Duarte Pacheco	82,42%
2921	Rua Professor Vieira Natividade	Rua Prof. Vieira Natividade	75,66%
3537	Avenida Doutor Rodrigo Cunha	Avenida Dom Rodrigo da Cunha	75,40%

Por os registos dos acidentes conterem os mesmos nomes das estradas da rede viária é possível eliminar os registos geocodificados cuja morada e rua da rede viária que intersectou não sejam iguais. Num total de 19875, foram utilizados 18671 registos, que correspondem à não utilização de 6% (1204 registos) dos dados. Uma vez que os dados de 2014 não foram tratados da mesma forma que os dados dos anos anteriores, ou seja, não se realizou a uniformização das moradas dos acidentes por já conterem as coordenadas geográficas do acidente, foram adicionados posteriormente. No entanto, apenas foram utilizados 67% (1535 registos) dos dados, pois apenas estes continham a morada igual à rede viária. A todos os registos posteriormente adicionou-se o código da estrada correspondente e contabilizou-se o número de acidentes. Da mesma forma que se realizou a análise grosseira por diversas categorias, também nesta análise são repetidos os critérios, obtendo-se os resultados ao nível das estradas. Contrariamente à análise realizada anteriormente que identifica zonas, será possível identificar quais as vias/arruamentos com mais acidentes registados.

Esse processo foi realizado para o cálculo de número de acidentes que ocorrem por estrada, utilizando os dados compreendidos entre 2005 e 2014 (Figura 3.25 e Anexo 6.1 – Página 91). Como resultado, é possível observar que a Avenida Infante Dom Henrique e Avenida General Norton de Matos apresentam o maior número de registos ao longo das vias, seguida do Eixo Norte-Sul e Avenida da República. As primeiras estradas mencionadas são vias onde a velocidade de circulação e fluxo é maior.

A Avenida da República é uma zona urbana caracterizada por grande fluxo de carros e peões, no entanto, com limites de velocidade mais baixos.



Figura 3.25. Acidentes ao nível da estrada

3.3.4.1. Análise por tipo de acidente

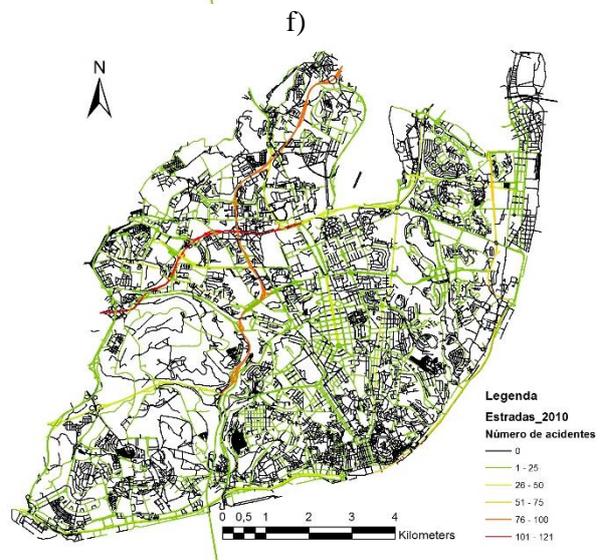
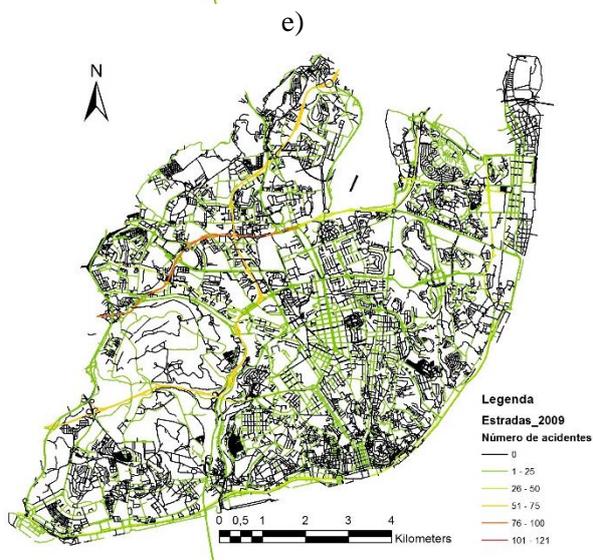
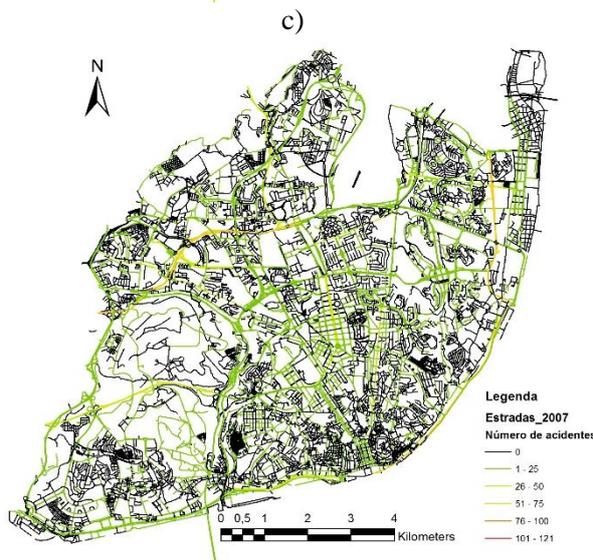
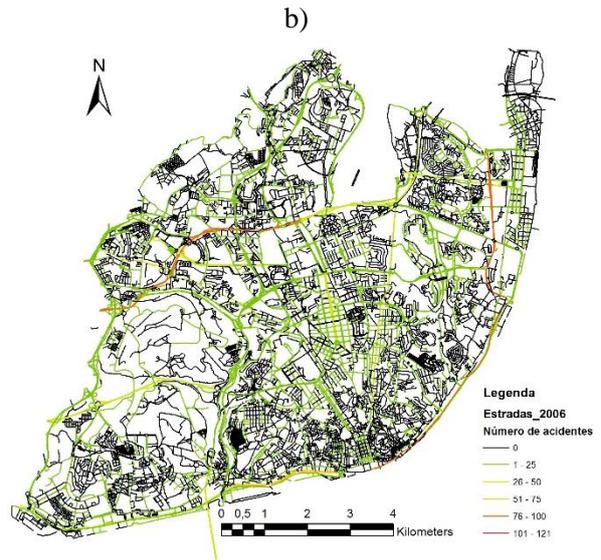
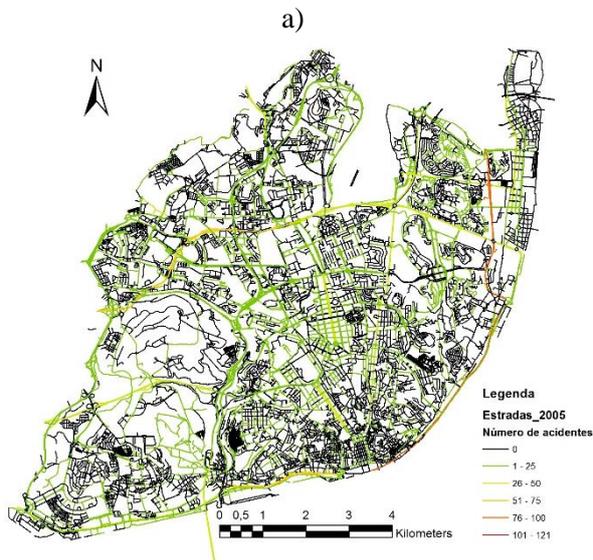
Fazendo um estudo mais detalhado, separou-se, como anteriormente os acidentes por tipo (Figura 3.26). Os atropelamentos (a) são o tipo de acidente registado com menor frequência comparativamente às colisões (b) e despistes (c). Destacam-se a Avenida 24 de Julho, Estrada de Benfica, Avenida Almirante Reis e Avenida Infante Dom Henrique. Relativamente aos acidentes por colisões, estes ocorrem principalmente na Avenida General Norton de Matos, assim como na Avenida Infante Dom Henrique. Também a Autoestrada 5, Eixo Norte – Sul, Avenida Marechal Craveiro Lopes e a Avenida da República apresentam acidentes por colisão, mas com números ligeiramente inferiores às vias anteriores mencionadas. O Eixo Norte Sul e a Avenida General Norton de Matos também se destacam por serem as vias onde os despistes mais acontecem.



Figura 3.26. Acidentes ao nível da estrada por tipo. a) Atropelamento; b) Colisão; c) Despiste

3.3.4.2. Análise por ano

Ao agregar os dados por ano é possível verificar que a Avenida General Norton de Matos e a Avenida Infante Dom Henrique representam as duas avenidas onde existem mais acidentes, durante os anos 2005 (a) e 2008 (d). A partir de 2009 (e), além das duas vias mencionadas anteriormente, o Eixo Norte-Sul também apresenta grande frequência de acidentes a ocorrer na via. Em 2014 (j), apenas a Avenida General Norton de Matos se evidencia.



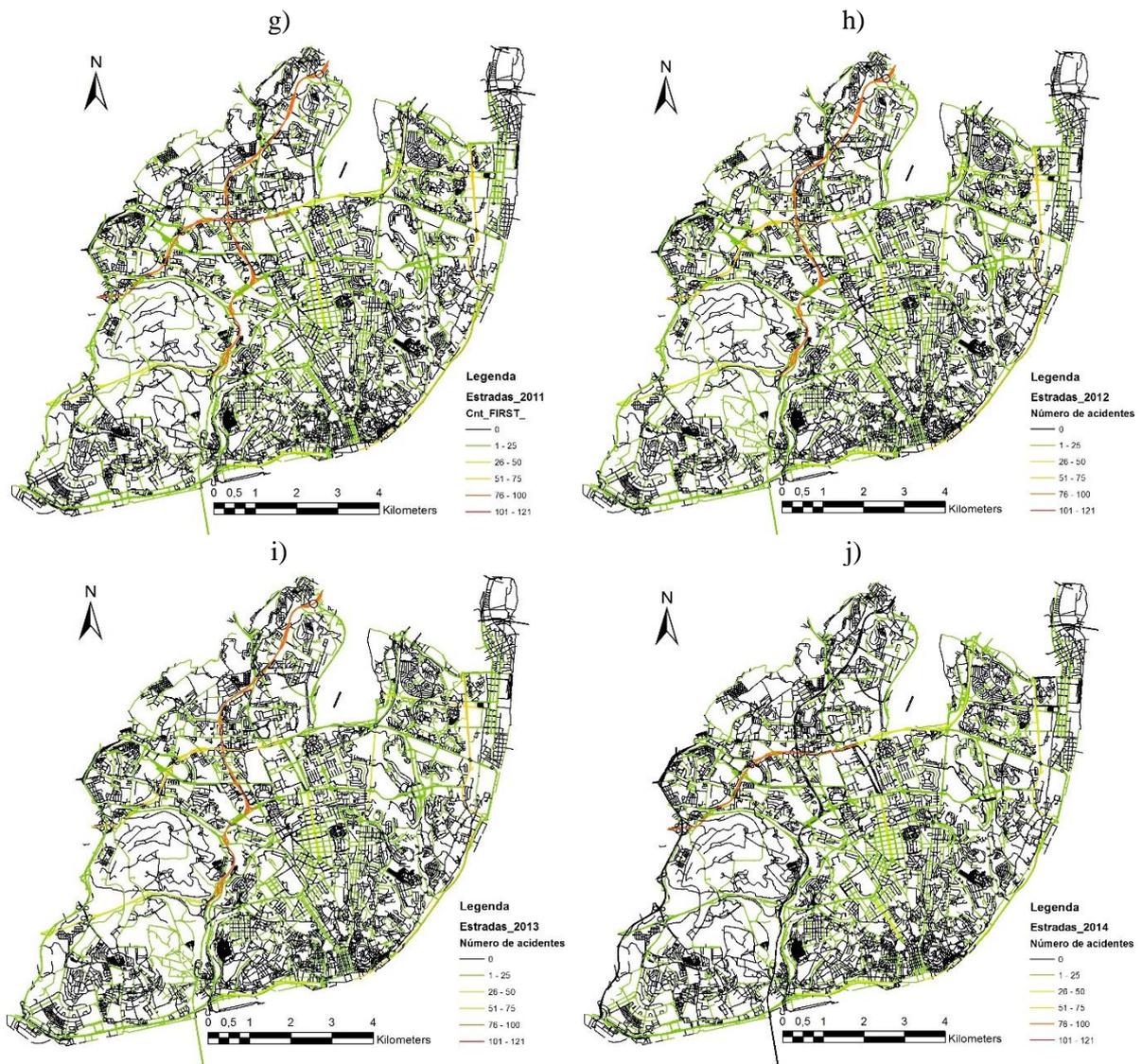


Figura 3.27. Acidentes ao nível da estrada por ano. a) 2005, b) 2006, c) 2007, d) 2008, e) 2009, f) 2010, g) 2011, h) 2012, i) 2013, j) 2014

3.3.4.3. Acidentes por estação do ano

A análise por mês também apresenta as mesmas vias que os estudos anteriores revelaram ser as mais problemáticas. A Avenida General Norton de Matos, a Avenida Infante Dom Henrique e também a Avenida 24 de Julho apresentam a maior frequência de acidentes, respetivamente e constantes ao longo de todas as estações do ano. O Eixo Norte-Sul também apresenta variação, sendo no Outono (c) e Inverno (d) as estações com mais acidentes. A Avenida da República apresenta maior frequência de acidentes no Outono.

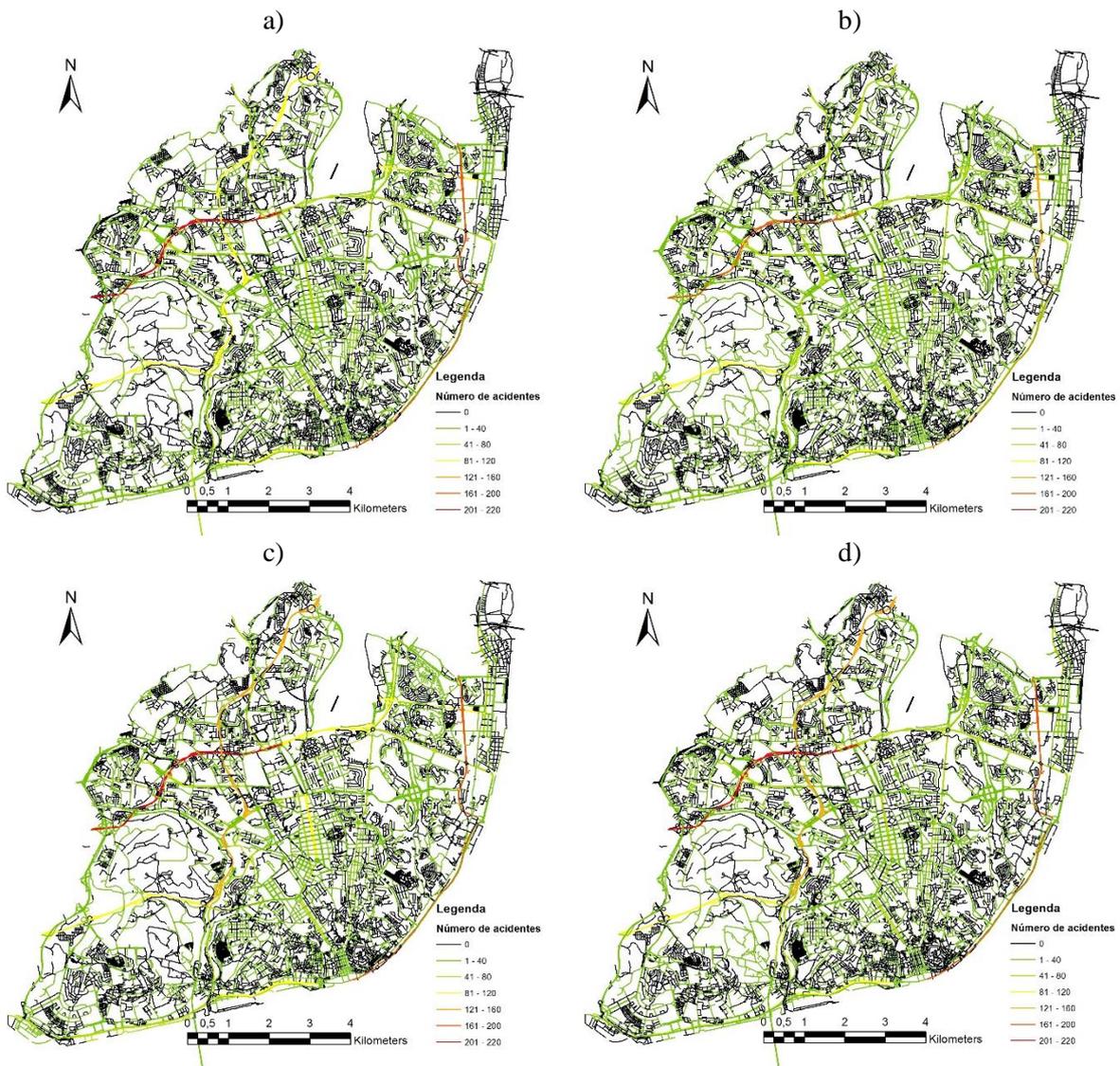
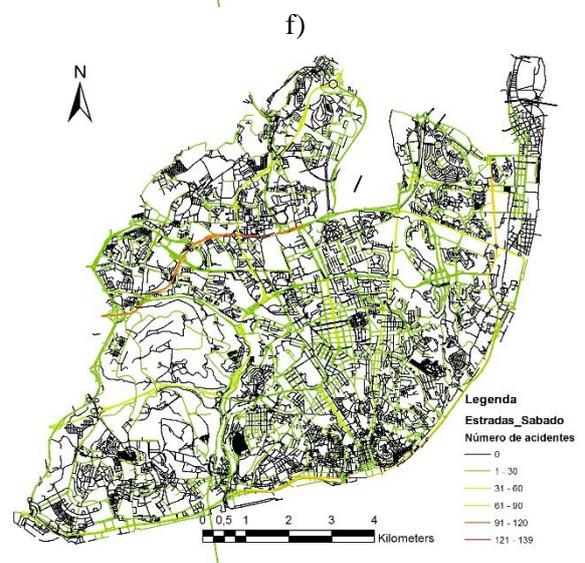
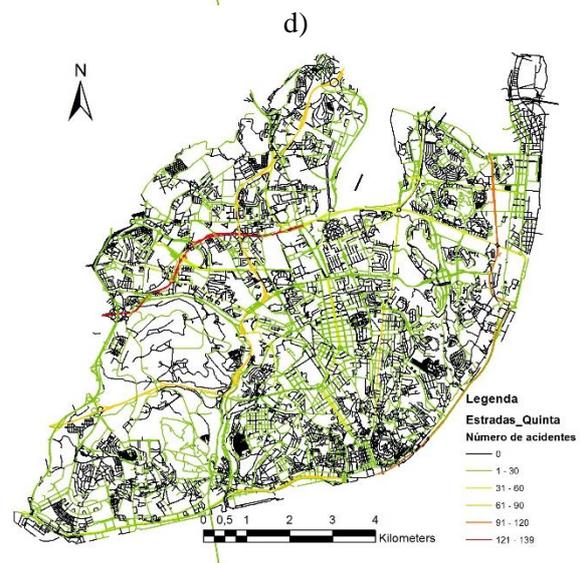
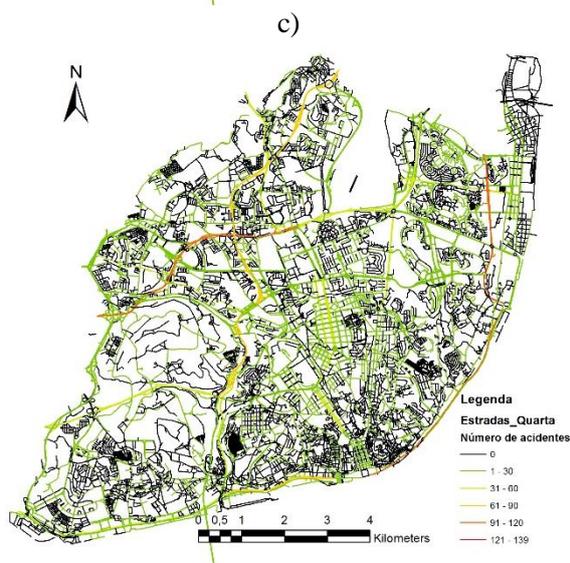
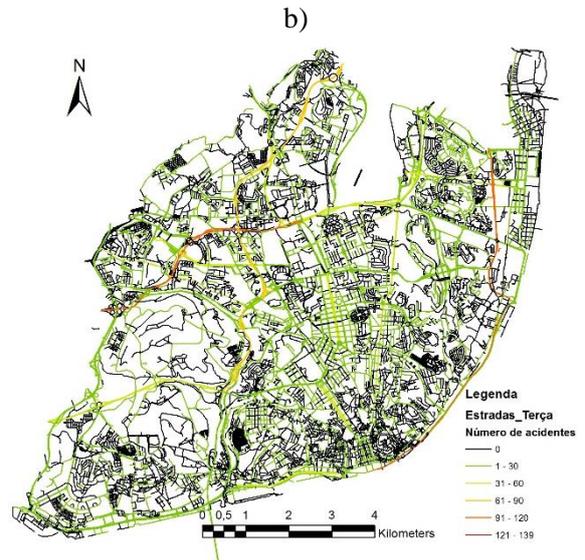
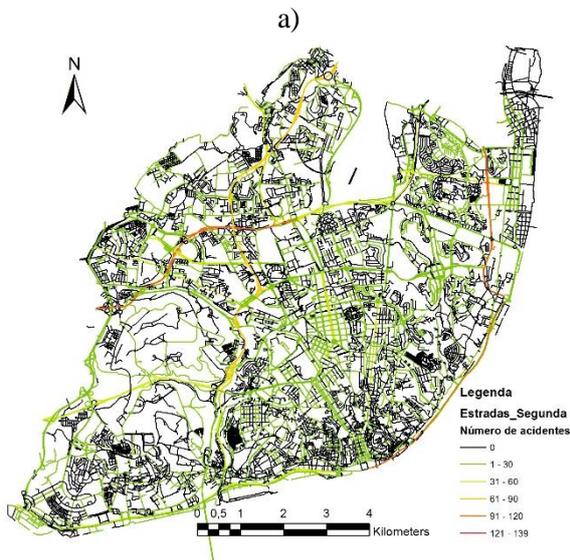


Figura 3.28. Acidentes ao nível da estrada por estação do ano. a) Primavera, b) Verão, c) Outono, d) Inverno

3.3.4.4. Acidentes por dia da semana

Durante os sete dias da semana, as avenidas referidas anteriormente, Avenida Norton de Matos e Avenida Infante Dom Henrique mantêm-se como as vias com maior número de ocorrências. Outras duas vias que se destacam também com maior número de acidentes são a Avenida 24 de Julho e o Eixo Norte-Sul.



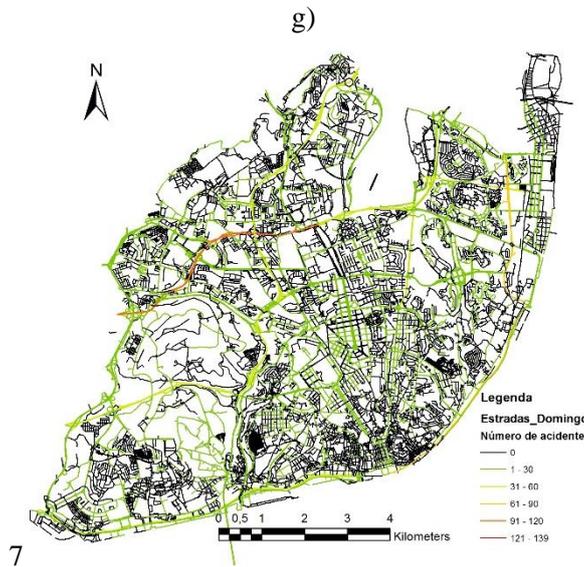
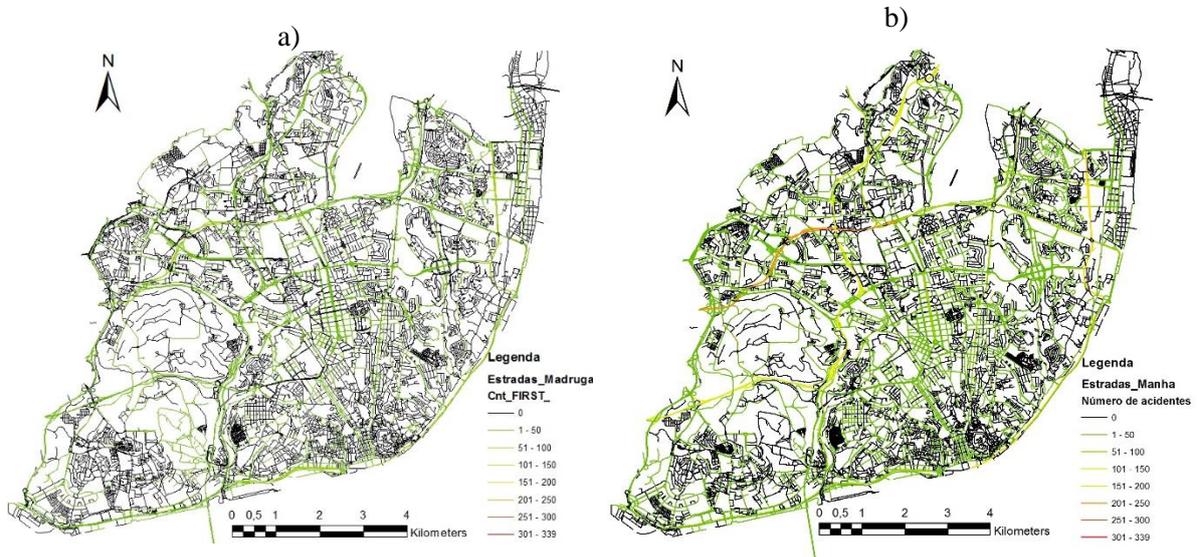


Figura 3.29. Acidentes ao nível da estrada por dia da semana. a) Segunda; b) Terça; c) Quarta; d) Quinta; e) Sexta; f) Sábado; g) Domingo

3.3.4.5. Acidentes por período do dia

Através do período do dia mantém-se as vias referidas anteriormente como as que registam o maior número de acidentes, apenas variando, de período para período, a frequência com que estes acontecem, como se verifica pelo período da tarde (c), que contém mais registos.



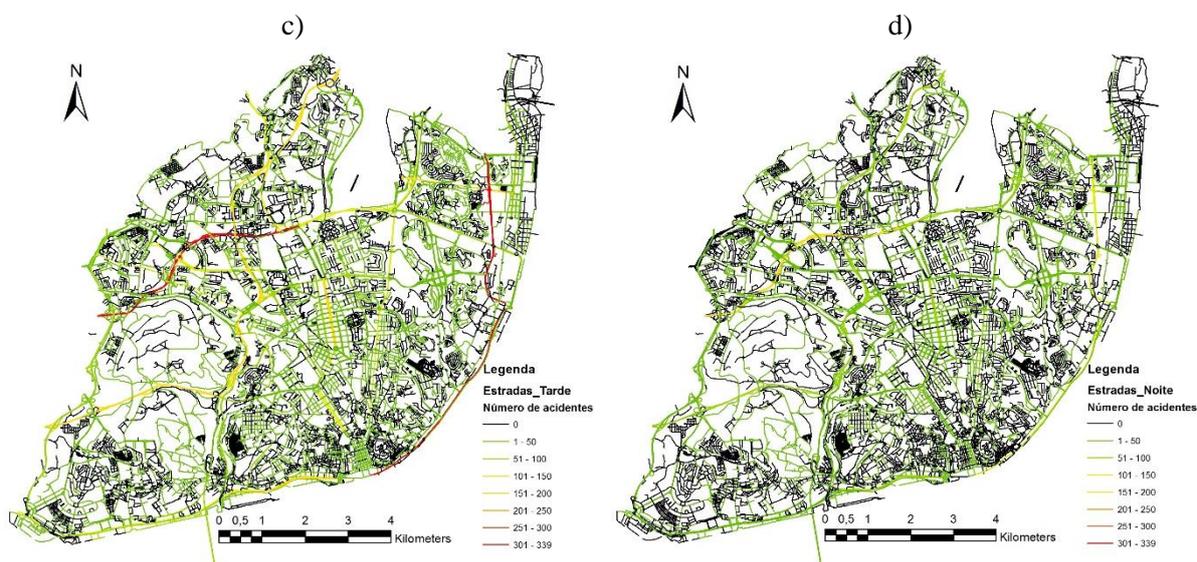


Figura 3.30. Acidentes ao nível da estrada por período do dia. a) Madrugada, b) Manhã, c) Tarde, d) Noite

3.3.5. Identificação de estradas problemáticas com ISRM

Outra das formas usadas para identificação das estradas problemáticas, é através da aplicação do indicador de segurança rodoviária municipal, mencionado no guia de PMSR, a partir do qual são identificados os pontos negros em estradas municipais, embora não tenha sido constatado pela autora deste projeto a existência de qualquer guia para o município de Lisboa, até à data.

A partir do IG, para cada ano, calcularam-se os respetivos ISRM para todas as estradas, como mostra o Anexo 6.5 (Página 96) para 25 dessas estradas. Os valores deste indicador são, comparativamente ao índice aplicado a nível nacional, mais reduzidos, uma vez que estamos a trabalhar ao nível de um município, neste caso, de Lisboa pelo que é necessário definir o valor limite a partir do qual se considera a estrada como ponto negro, testando-se vários valores. Definiu-se que o ISRM deve ser maior que o valor limite em pelo menos 3 dos anos calculados. Utilizando o indicador superior a 2 são identificadas apenas 5 estradas, enquanto que os índices com um valor superior a 0.7 identificam 28 estradas. Com o valor do ISRM maior que um, identificaram-se 9 estradas (Tabela 3.16), pelo que se considerou um resultado satisfatório.

Tabela 3.16. Estradas identificadas com o ISRM

Via	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Avenida General Norton de Matos	2,35	2,32	2,63	3,17	3,40	2,58	2,39	2,03
Avenida Infante Dom Henrique	4,54	2,98	1,94	1,78	1,90	1,90	1,97	1,60
Eixo Norte-Sul	0,15	0,48	1,00	2,01	2,31	2,27	2,52	1,30
Avenida Vinte e Quatro de Julho	1,96	1,35	1,91	1,46	1,56	1,49	1,20	1,09
Autoestrada 5	1,38	1,67	2,03	2,04	2,02	1,54	1,14	0,52
Avenida de Berlim	1,19	1,12	1,00	1,28	1,23	0,96	0,85	0,76
Avenida Marechal Craveiro Lopes	1,16	0,70	0,65	1,83	1,88	1,30	1,54	1,20
Avenida Almirante Reis	1,38	0,96	0,78	0,87	0,76	1,09	1,04	0,68

Avenida da Índia	2,37	1,46	0,85	0,96	1,20	1,15	1,03	0,74
-------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

3.3.6. Análise dos acidentes por local da ocorrência (2014)

Nesta última fase de estudo dos dados, é feita uma análise aos dados de 2014 por local de ocorrência, uma vez que já contém as coordenadas do local dos acidentes, contrariamente aos restantes anos. Ao refinar o tipo de análise espacial ao nível pontual com os dados de 2014, podemos conhecer, de maneira mais precisa, ao nível de interseções ou seções de estradas, locais que revelem problemas.

Dos 2370 eventos, dois continham coordenadas nulas pelo que foram rejeitados. Também, 75 registos (3,2%) encontravam-se fora da região de estudo, pelo que não foram utilizados para esta análise, ou seja, foram utilizados 2293 registos. Assim como os restantes anos analisados, a freguesia de Alvalade mantém-se como a freguesia com maior frequência de acidentes, seguindo-se as Avenidas Novas e os Olivais. A freguesia de Santo António mantém-se como a freguesia com maior densidade de acidentes.

Tabela 3.17. Frequência e Densidade dos acidentes de 2014 por freguesia

Freguesia	Área (km ²)	Frequência (n)	Densidade (n/km ²)
Estrela	4,604	99	21,50
Misericórdia	2,1922	72	32,84
Santa Maria Maior	3,01	102	33,87
Belém	10,43	92	8,82
São Vicente	1,99	17	8,56
Campo de Ourique	1,65	68	41,18
Ajuda	2,88	18	6,26
Alcântara	5,07	107	21,08
Santo António	1,49	114	76,29
Arroios	2,13	93	43,71
Penha de França	2,71	51	18,81
Beato	2,48	19	7,65
Campolide	2,77	157	56,59
Avenidas Novas	2,99	189	63,12
Areeiro	1,72	49	28,51
São Domingos de Benfca	4,29	142	33,07
Benfica	8,02	148	18,44
Marvila	7,12	88	12,36
Alvalade	5,34	196	36,69
Carnide	3,69	66	17,89
Lumiar	6,57	139	21,14
Olivais	8,09	170	21,02
Santa Clara	3,36	31	9,24
Parque das Nações	5,44	66	12,14

Como já foi mencionado anteriormente, a fim de visualizar a distribuição espacial dos dados dos acidentes utilizou-se o Estimador Densidade de *Kernel*, aprofundando a análise realizada anteriormente ao nível das estradas.

Através da observação da superfície de *Kernel* gerada, observam-se locais problemáticos, nomeadamente interseções de estradas ou locais ao longo das estradas problemáticos como se pode ver na Figura 3.31. Numa vista geral, verifica-se que as zonas onde os *hotspots* apresentam maior densidade

são ao longo da Avenida da República com principal destaque a zona do Campo Pequeno e Avenida de Berna, o Eixo Norte-Sul (perto da Avenida Duarte Pacheco) e a zona da baixa de Lisboa, que vai desde a rua Áurea à Rua da Prata e a da Rua da Conceição à Praça do Comércio. Em vários locais da Avenida General Norton de Matos também se observam *hotspots*, nomeadamente quando esta intersecta a Estrada da Luz e também na zona do Campo Grande.

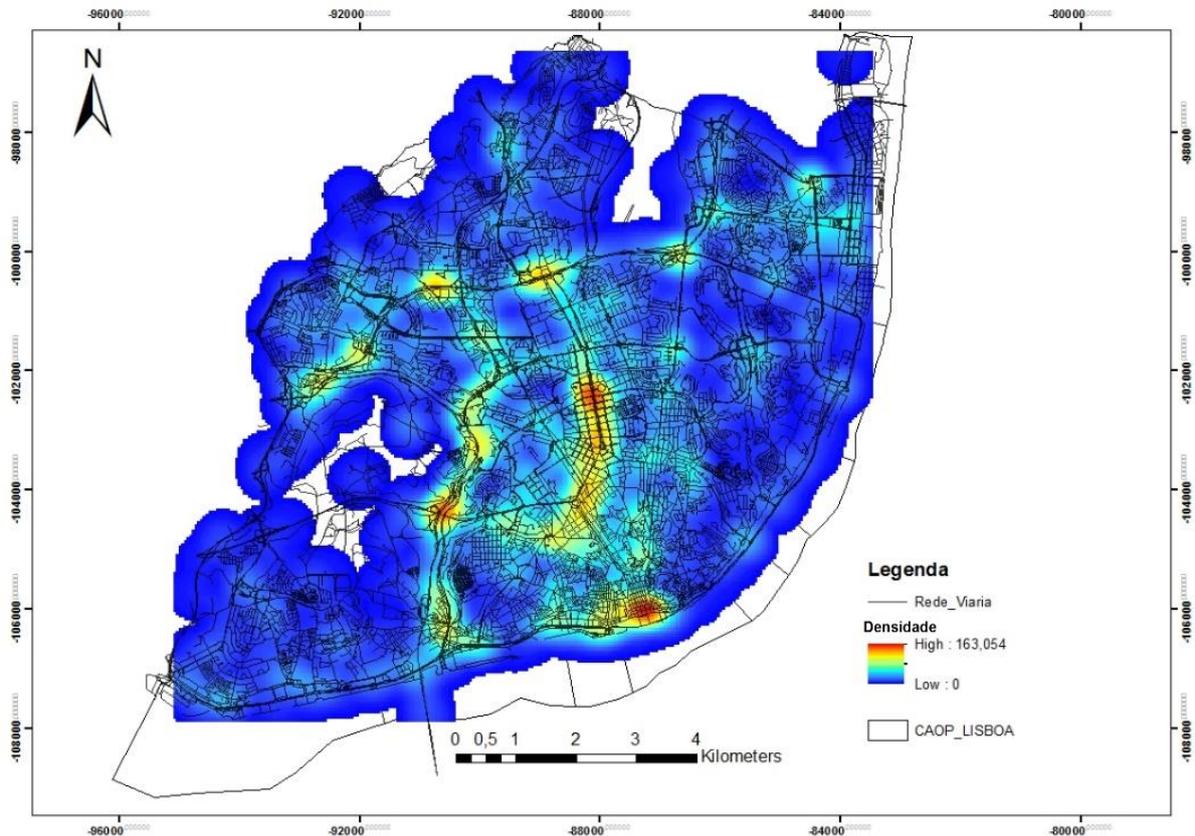


Figura 3.31. Estimador densidade dos acidentes de 2014

3.3.6.1. Análise por tipo de acidente

A divisão dos acidentes por tipo e posterior análise permite concluir que os atropelamentos tendem a acontecer em zonas onde existe mais circulação de peões, ou seja, zonas mais urbanas da cidade. Neste caso, a Figura 3.32 (a) mostra que a zona do cais do Sodré e do Campo Pequeno têm maior frequência deste tipo de acidentes. As colisões, como já referido anteriormente ocorrem por toda a zona do mapa. Neste caso, observando em (b) focam-se não só na zona da baixa de Lisboa, na Avenida da República e Avenida Fontes Pereira de Melo, como também na Avenida General Norton de Matos, nomeadamente na zona de interseção com a Estrada de Benfica e na zona do Campo Grande. Por sua vez, os despistes focam-se mais em zonas mais periféricas da cidade, contrariamente aos atropelamentos, e vias onde os limites de velocidade são maiores. No entanto, observa-se, na Figura 3.32 (c), que o *hotspots* mais denso encontra-se na zona do Eixo Norte-Sul estendendo-se para Avenida de Ceuta e Avenida Duarte Pacheco.

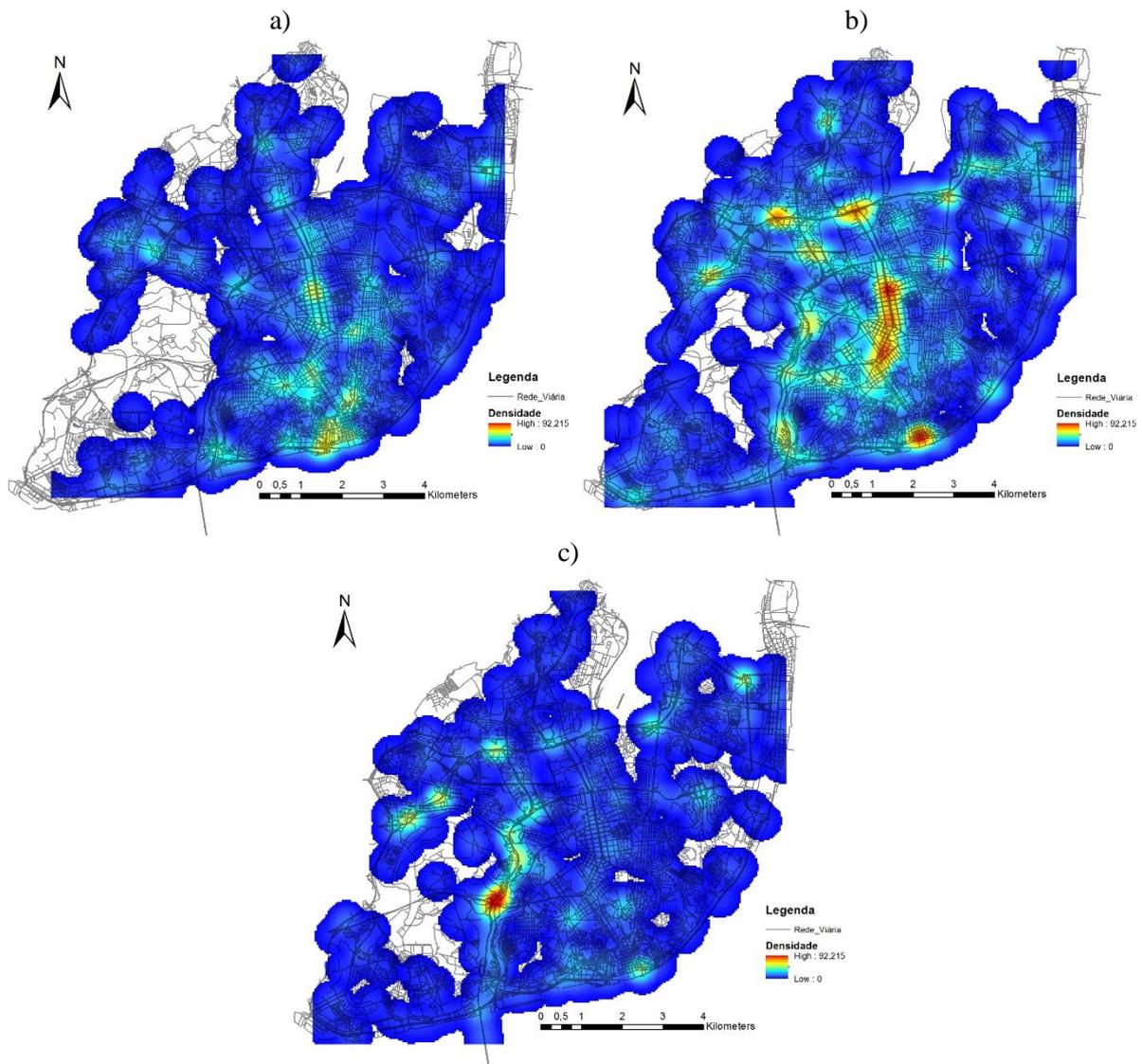


Figura 3.32. Estimador densidade dos acidentes do ano 2014 por tipo de acidente. a) Atropelamento; b) Colisão; c) Despiste

3.3.6.2. Análise por estação do ano

A utilização do estimador densidade de *Kernel* na análise de acidentes por estação do ano permite-nos concluir que na Primavera (a), os acidentes concentram-se mais em zonas mais movimentadas da cidade de Lisboa, como é o caso da Avenida da República e a zona da baixa lisboeta. No verão, além das zonas mencionadas anteriormente, também a Avenida Fontes Pereira de Melo e a zona da Avenida General Norton de Matos com a Estrada de Benfica se destacam. No outono e no inverno, as estradas referidas continuam a apresentar *hotspots*, no entanto, nas zonas periféricas de Lisboa apresentam-se mais áreas que indicam concentrações de acidentes, nomeadamente ao longo da Avenida General Norton de Matos e Eixo Norte-Sul, sendo que esta última, observa-se a maior concentração de acidentes na zona que intersesta a Avenida Engenheiro Duarte Pacheco. No Inverno (d) as zonas apresentam maior densidade. A razão principal que pode estar associada a essas ocorrências são a chuva, que em conjunto com a velocidade dos condutores, pode causar a perda de controlo do veículo devido ao piso escorregadio ou condições de visibilidade menores.

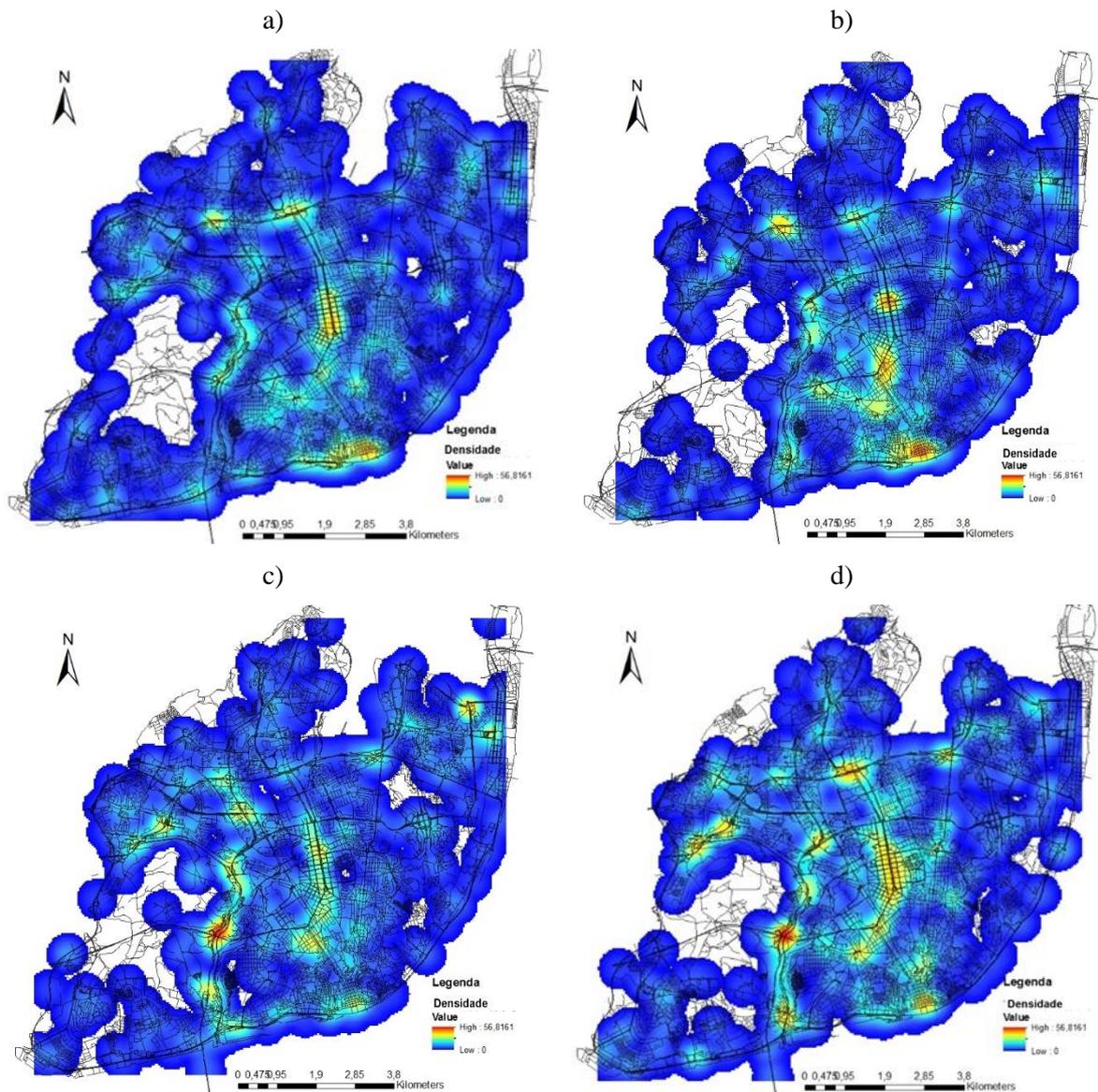
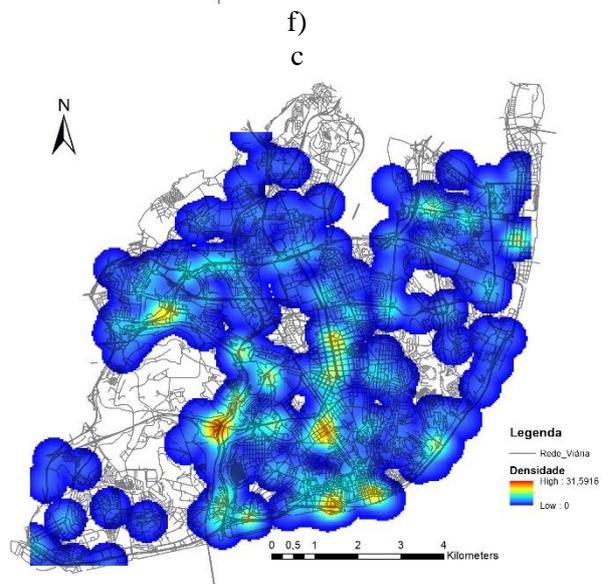
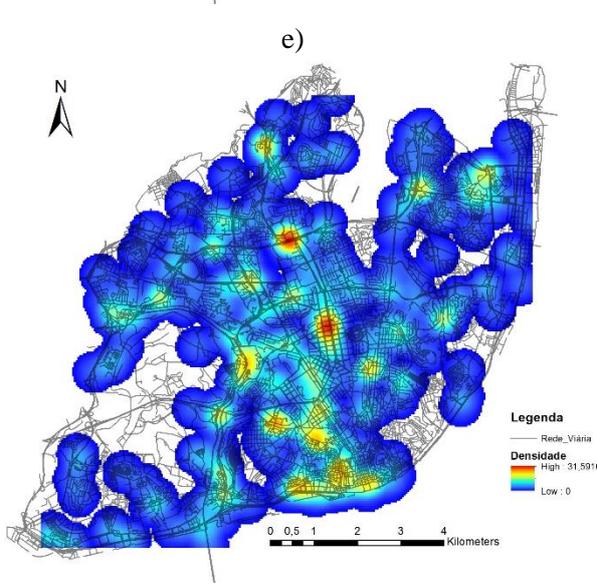
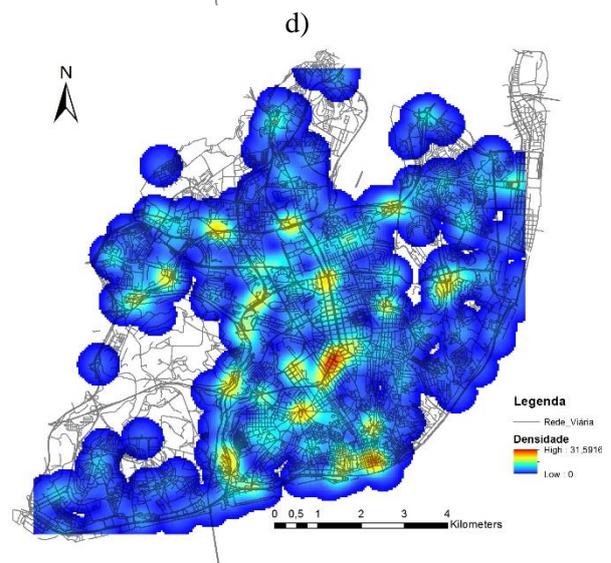
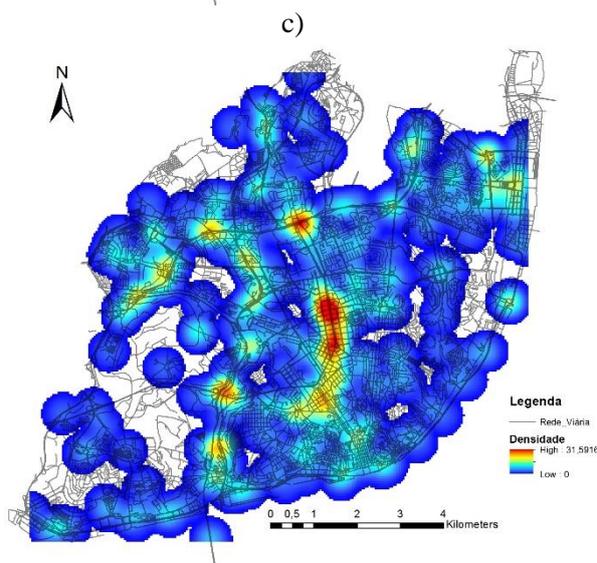
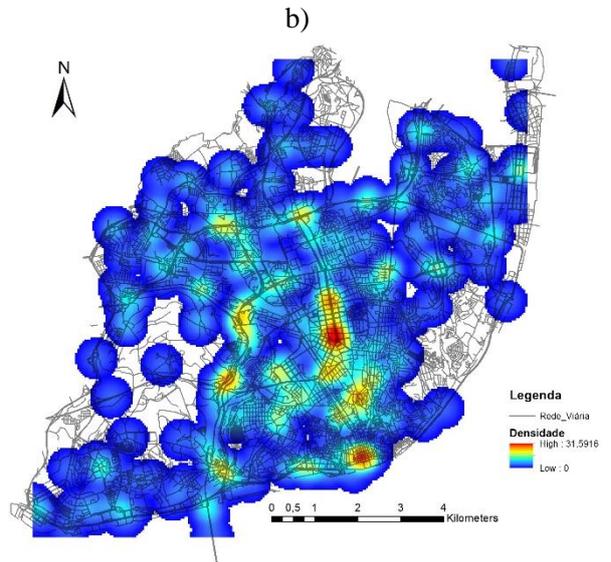
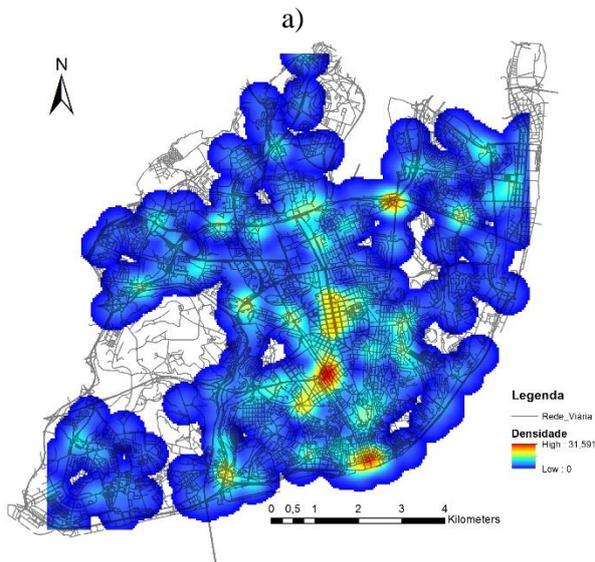


Figura 3.33. Estimador Densidade de Kernel dos acidentes 2014 por estação do ano. a) Primavera, b) Verão, c) Outono, d) Inverno

3.3.6.3. Análise por Dia da Semana

De segunda a sexta, o fluxo de carros que circula no município de Lisboa é maior que nos fins de semana por serem os dias que a maioria das pessoas trabalha. São nesses dias que se verificam as horas de ponta, nomeadamente de manhã e ao final da tarde, como se verificou na análise estatística dos dados. Verifica-se através da Figura 3.34, os dias de semana caracterizam-se por apresentarem *hotspots* que se distribuem por diversas áreas principais da cidade já mencionadas em análises anteriores. Por sua vez, ao sábado (f) e ao domingo (g), os dias de fim de semana, apresentam concentrações de *hotspots* nas zonas mais periféricas da cidade.



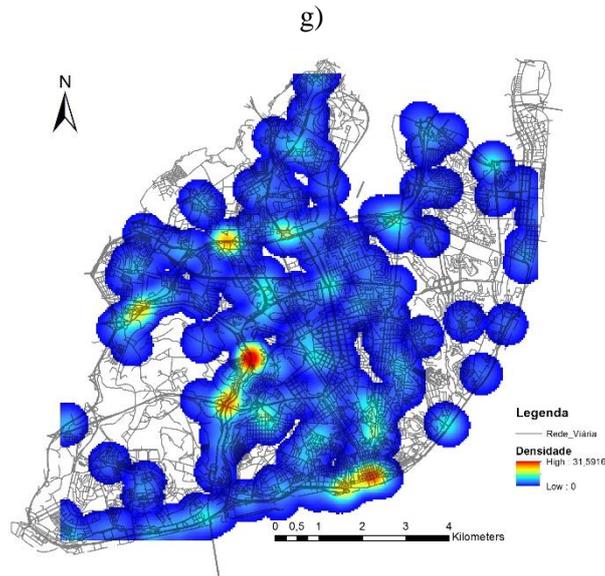
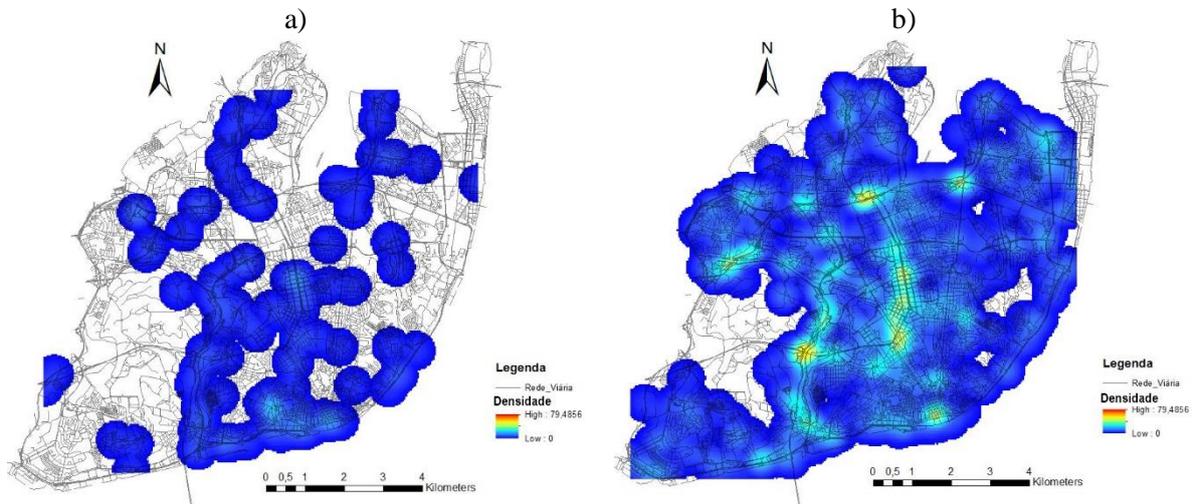


Figura 3.34. Estimador densidade dos acidentes de 2014 por dia da semana. a) Segunda; b) Terça; c) Quarta; d) Quinta; e) Sexta; f) Sábado; g) Domingo

3.3.6.4. Análise por Período do Dia

Ao dividir os acidentes por períodos de dia, destaca-se claramente o período da tarde (c). Devido aos poucos acidentes que acontecem pela madrugada, não existe a presença de zonas mais críticas. No período da manhã (b) já começam a existir concentrações de acidentes, nomeadamente no Eixo Norte-Sul e a interseção com a Avenida Engenheiro Duarte Pacheco, na Avenida General Norton de Matos no Campo Grande, assim como na Avenida da República e Avenida Fontes Pereira de Melo. O período da tarde é o que apresenta maior número de registo e, por consequência, apresenta *hotspots* nas vias referidas. Por último, o período da noite não apresenta locais onde existam concentrações de acidentes uma vez que há uma redução do número de registos efetuados nesse período.



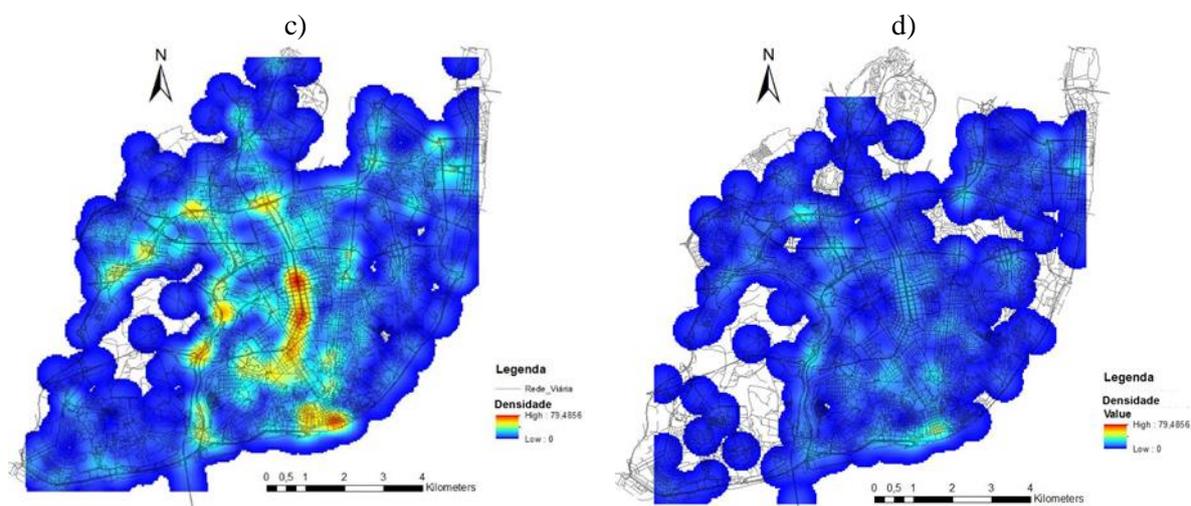


Figura 3.35. Estimador densidade dos acidentes de 2014 por período do dia. a) Madrugada; b) Manhã; c) Tarde; d) Noite

3.3.7. Caracterização de vias e propostas de intervenção

Através do método adaptado do índice de segurança rodoviária aplicado às vias e análise por estradas, identificou-se as estradas que merecem um estudo mais aprofundado de modo a apresentar medidas que possam contribuir para a diminuição de ocorrências. As escolhas das vias baseiam-se no número total de acidentes ocorridos em cada estrada, bem como o ISRM calculado para as estradas que apresentem em três ou mais anos índices maiores que 1 (Tabela 3.18). Verifica-se que, ao longo dos anos, os índices têm vindo a diminuir (Figura 3.36), demonstrando que as intervenções que têm sido feitas têm consequências positivas, ainda que seja necessário continuar a melhorar com o intuito de minimizar os acidentes.

Tabela 3.18. Tabela resumo das vias caracterizadas como pontos negros

Via	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Total Acidentes
Avenida General Norton de Matos	2,35	2,32	2,63	3,17	3,40	2,58	2,39	2,03	810
Avenida Infante Dom Henrique	4,54	2,98	1,94	1,78	1,90	1,90	1,97	1,60	678
Eixo Norte-Sul	0,15	0,48	1,00	2,01	2,31	2,27	2,52	1,09	432
Avenida Vinte e Quatro de Julho	1,96	1,35	1,91	1,46	1,56	1,49	1,20	1,09	394
Autoestrada 5	1,38	1,67	2,03	2,04	2,02	1,54	1,14	0,52	372
Avenida de Berlim	1,19	1,12	1,00	1,28	1,23	0,96	0,85	0,76	326
Avenida da República	0,98	0,89	0,68	0,79	0,82	0,88	1,00	0,95	320
Avenida Marechal Craveiro Lopes	1,16	0,70	0,65	1,83	1,88	1,30	1,54	1,20	287

Avenida Almirante Reis	1,38	0,96	0,78	0,87	0,76	1,09	1,04	0,68	283
Avenida da Índia	2,37	1,46	0,85	0,96	1,20	1,15	1,03	0,74	256

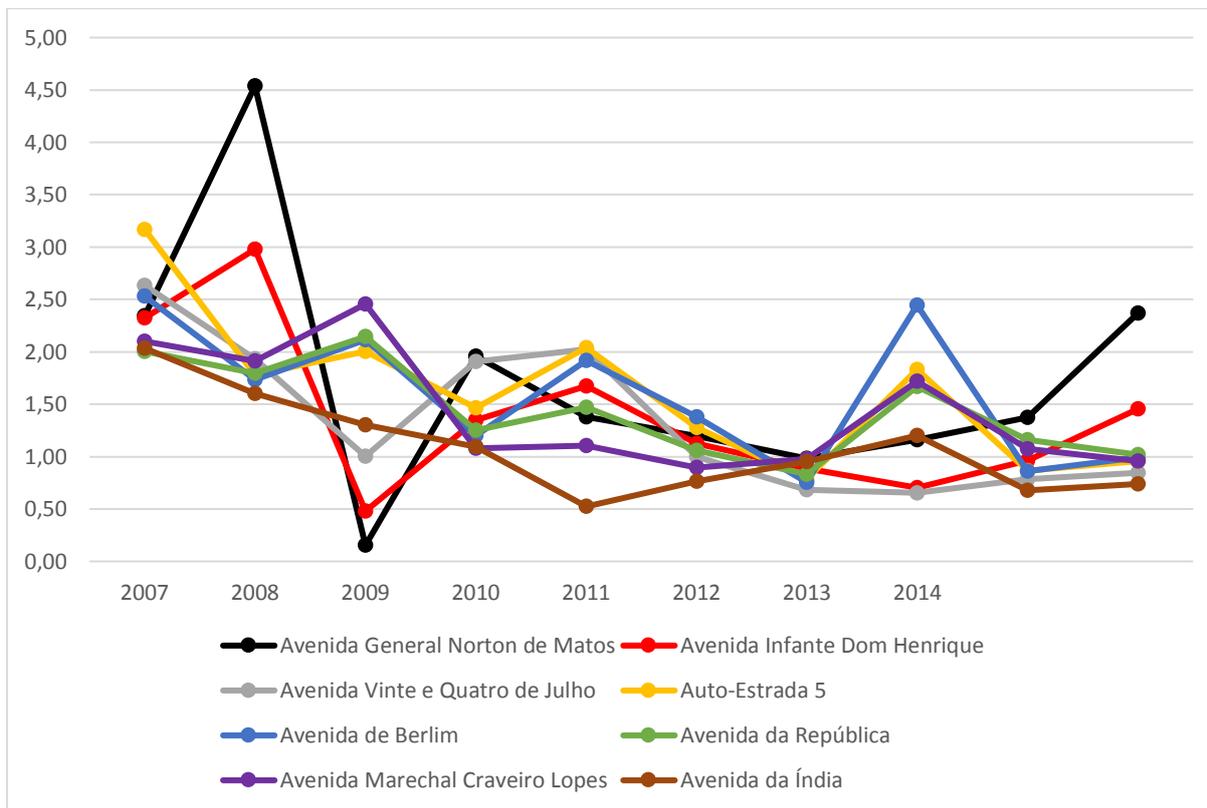


Figura 3.36. Evolução do ISRM das vias ao longo dos anos

3.3.7.1. Avenida General Norton de Matos

A Avenida General Norton de Matos, representada na Figura 3.37, é uma das três avenidas que constituem a Segunda Circular, sendo uma das vias com maior tráfego. No entanto, antes do ano de 2015, eram apenas duas avenidas que compoñham a Segunda Circular. Por esse motivo, a Norton de Matos tinha início no IC19, terminando no Viaduto do Campo Pequeno, canalizando o tráfego para Alvalade, Campo Grande e Eixo Norte-Sul, possuindo cerca de 6 km de comprimento sendo o limite de velocidade máxima de 80km/h.

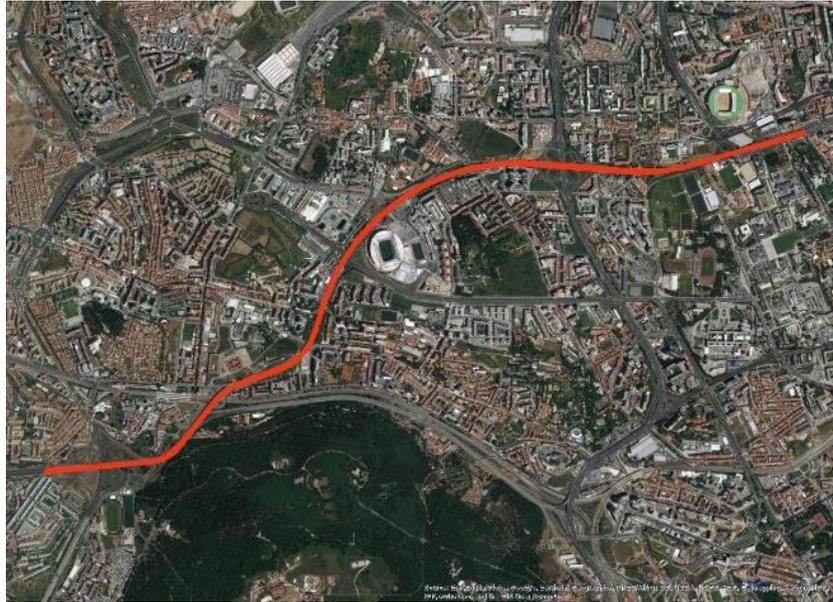


Figura 3.37. Avenida General Norton de Matos

Dos registos dos acidentes, verificou-se que 564 são colisões, 225 são despistes e os restantes 21 registos correspondem a atropelamentos. O número de vítimas mortais nesta estrada é de 6 em 10 anos de estudo, com 37 feridos graves e um total de 1009 feridos leves. Relativamente aos dias da semana com maior registo são a quinta e sexta feira, existindo uma maior concentração de acidentes durante as horas de ponta da manhã (7h-10h) e da tarde (18h-20h).

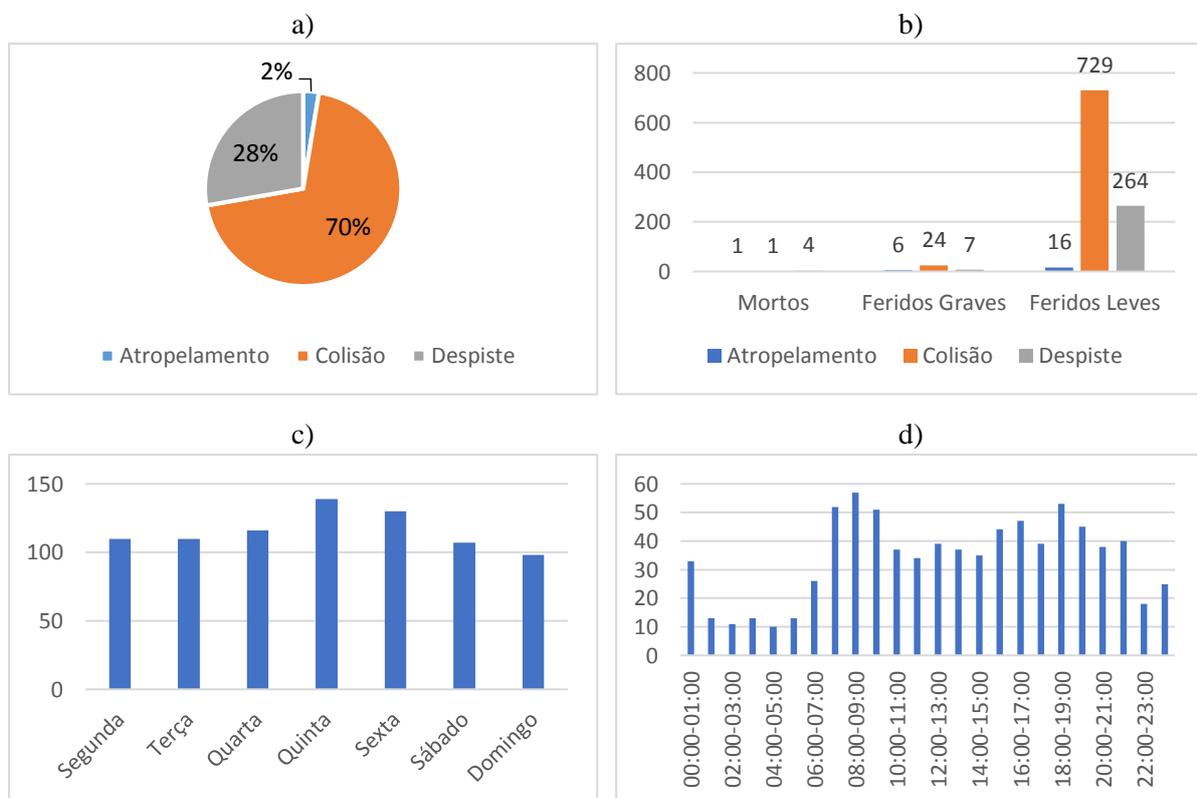


Figura 3.38. Dados estatísticos da Avenida General Norton de Matos. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

A partir da análise local realizada com os dados de 2014, constata-se que existem dois locais onde existe maior concentração de acidentes, sendo necessário concentrar esforços e implementar medidas que permitam reduzir o número de sinistros. Estes locais são na zona que contém o nó com a Estrada de Benfica, assim como a zona do Campo Grande (Figura 3.39). Assim, para ambas as zonas, propõem-se medidas de redução de velocidade, como introdução de painéis de mensagem variável antes da zona onde se concentram a maior parte dos acidentes para alertar os condutores, reforço da sinalização de aviso de zonas de acidentes e introdução de radares de controlo de velocidade, incluindo também a melhoria nos vários nós de saída da avenida, melhorando a sinalização e a infraestrutura da estrada, como é o caso das vias de desaceleração, aumentando-as, obrigando o condutor a tomar decisões antecipadamente e não permitir decisões de ultima hora que ponham em causa os restantes condutores.



Figura 3.39. Zonas problemáticas da Avenida General Norton de Matos. a) Zona da Estrada de Benfica, b) Zona do Campo Grande

3.3.7.2. Avenida Infante Dom Henrique

A Avenida Infante Dom Henrique (Figura 3.40) possui cerca de 12km, sendo assim a maior avenida de Lisboa. É uma via que liga os concelhos do Norte à zona centro de Lisboa, estando localizada sempre junto ao rio, onde a velocidade máxima é de 80km/h, contudo, existem zonas onde a velocidade é máxima permitida é de 50 km/h. Neste momento possui apenas um radar na via e desconhece-se a data da sua instalação.



Figura 3.40. Avenida Infante Dom Henrique

O estudo dos acidentes por estradas revela que são 678 os registos de acidente nesta via. A maior parte dos acidentes ocorre por colisão, com 432 registos. Relativamente aos atropelamentos e colisões apresentam sensivelmente a mesma percentagem de acidentes, com 114 e 132 registos respetivamente. O total de vítimas mortais é de 7, com 73 feridos graves e 812 feridos ligeiros. Relativamente aos dias da semana com maior registo, sexta feira tem maior número de ocorrências. As horas de ponta da manhã e da tarde apresentam mais eventos registados comparativamente às outras horas.

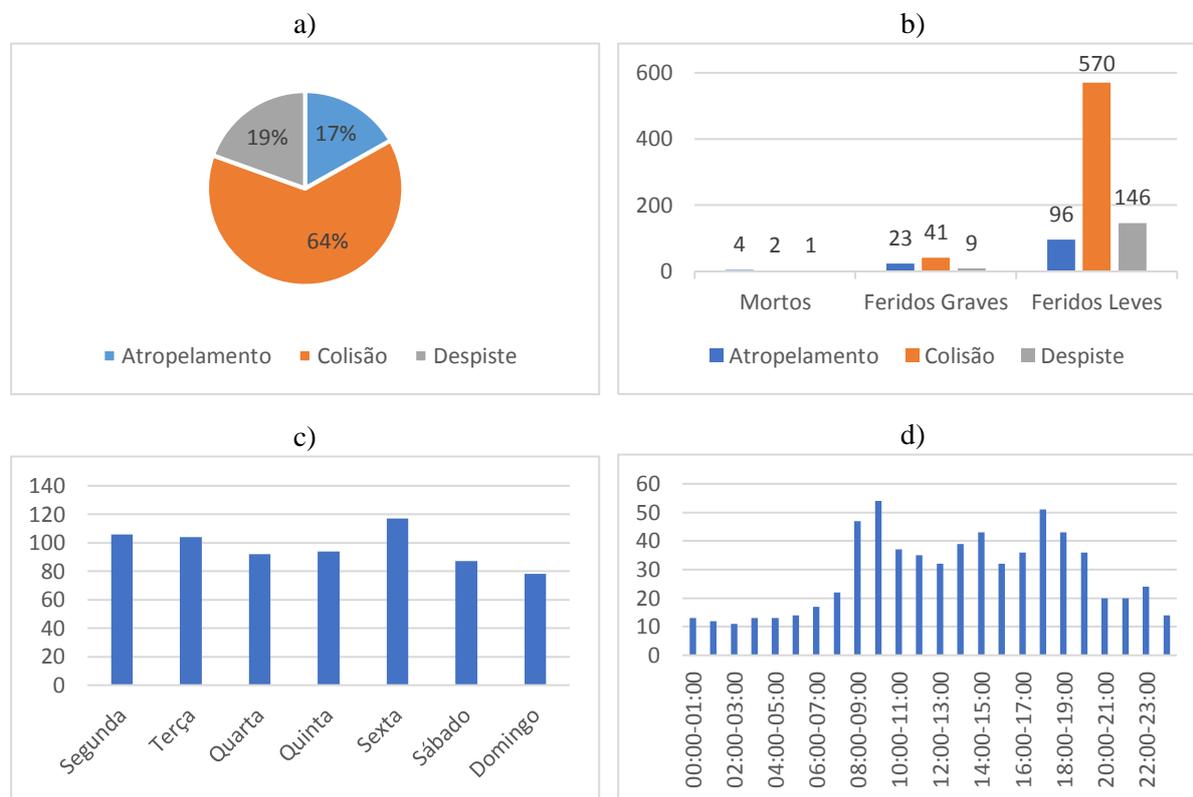


Figura 3.41. Dados estatísticos da Avenida Infante Dom Henrique. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

Segundo o ISRM, esta via é identificada como um ponto negro, devido às características que apresenta relativamente ao número de mortos e feridos. Contudo, não apresenta agrupamentos de acidentes em localizações específicas, apresentando grande numero de acidentes por ter uma grande extensão. Desta forma, as sugestões de melhorias são generalizadas para toda a via. As propostas visam essencialmente o reforço do controlo de velocidade ao longo da estrada, como a instalação de mais radares ou pré-avisos (repetição de linhas transversais criando um efeito visual e sonoro), e a redução da velocidade permitida nomeadamente em zonas de interseção com outras vias, melhorando a sinalização vertical de alerta aos condutores de avisos de perigo ou a alteração da estrutura das estradas. Em zonas de atravessamento de peões, a construção de mais pontes para peões ou túneis, diminuindo a possibilidade de acontecerem atropelamentos.

3.3.7.3. Avenida Vinte e Quatro de Julho

A Avenida Vinte e Quatro de Julho liga o Cais do Sodré a Alcântara-Mar, com 2,5 km aproximadamente, também ela ao longo do rio Tejo.



Figura 3.42. Avenida Vinte e Quatro de Julho

Esta avenida apresenta 394 registros de acidente, dos quais 192 são atropelamentos, 171 são colisões e apenas 31 são despistes. O número de mortos nesta via é de 6 pessoas, com 61 feridos graves e 417 feridos leves. O número de acidentes vai aumentando ao longo da semana, sendo sexta-feira o dia com mais frequência, diminuindo também no decorrer do fim de semana. Entre as 18h e as 19h os acidentes apresentam o pico máximo.

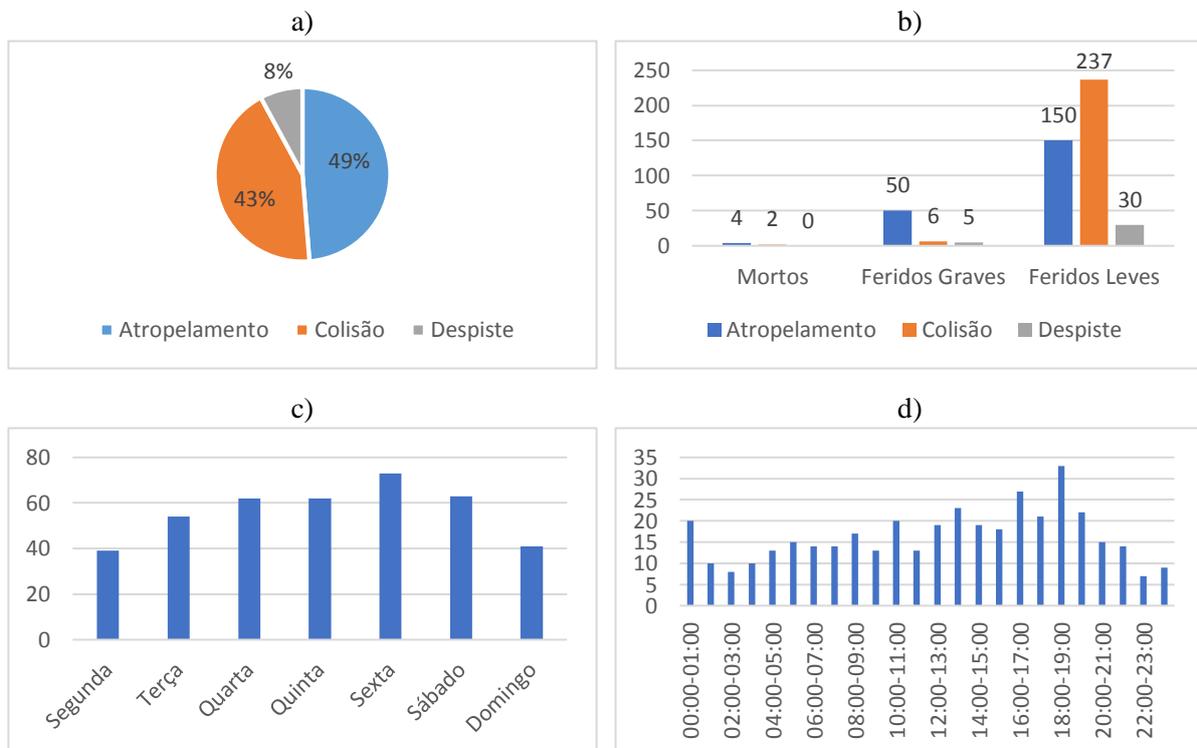


Figura 3.43. Dados estatísticos da Avenida Vinte e Quatro de Julho. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

A análise realizada por local, mostra que, apesar de o *hotspot* não ser muito intenso, no início da avenida (cais do Sodré) existe uma concentração de atropelamentos. Também, a análise por dia da

semana, revela que esse troço e o troço na zona de Santos, indicam uma maior concentração de acidentes durante a sexta-feira e o fim de semana, sendo as zonas referidas locais de diversão noturna. As medidas possíveis para diminuir os acidentes por atropelamento passam por melhorar a sinalização e elevar as passeadeiras, reforçando, nos dias referidos, o patrulhamento policial.

3.3.7.4. Eixo Norte-Sul

O Eixo Norte-Sul (Figura 3.44) é uma via rápida que liga o norte e o sul da cidade de Lisboa, fazendo parte do Itinerário Principal 7 (IP7). Tem uma extensão de cerca de 9,5 km, onde a velocidade máxima é de 90km/h, mas existem alguns troços onde esta velocidade é reduzida.

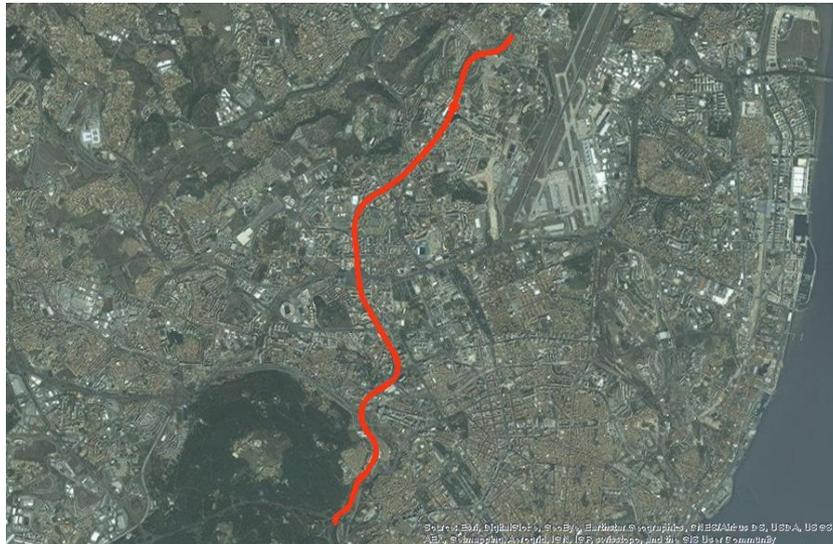
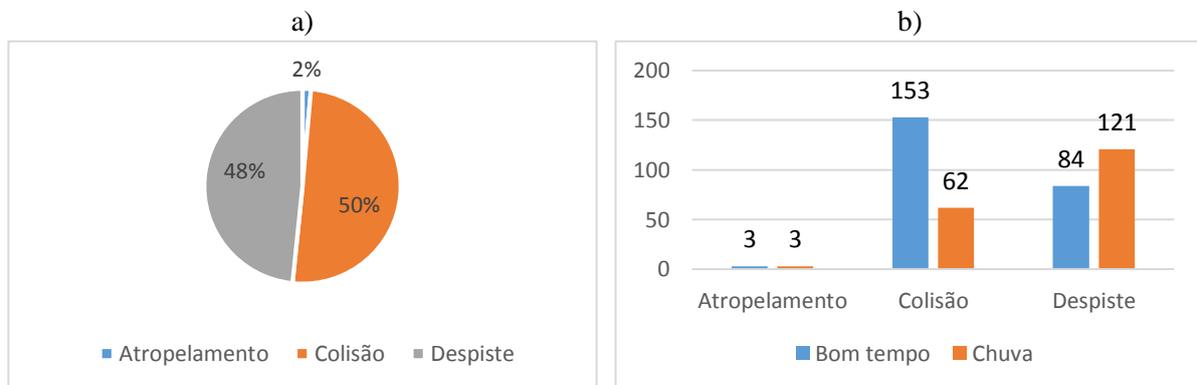


Figura 3.44. Eixo Norte-Sul

A frequência de acidentes registados nesta via é de 432 registos, no período dos 10 anos de estudo. Praticamente não se registam acidentes por atropelamento, e os acidentes por colisão e por despiste têm quase a mesma percentagem de registos, com 217 e 206 respetivamente. O Eixo Norte-Sul tem apenas 1 vítima mortal assinalada e 13 feridos graves, sendo o número de feridos leves 569 pessoas. Durante os dias de semana e fim de semana, os registos têm pouca variabilidade. Como se verifica anteriormente em outras vias estudadas, também nas horas de maior tráfego (hora de ponta) se registam mais acidentes (Figura 3.45).



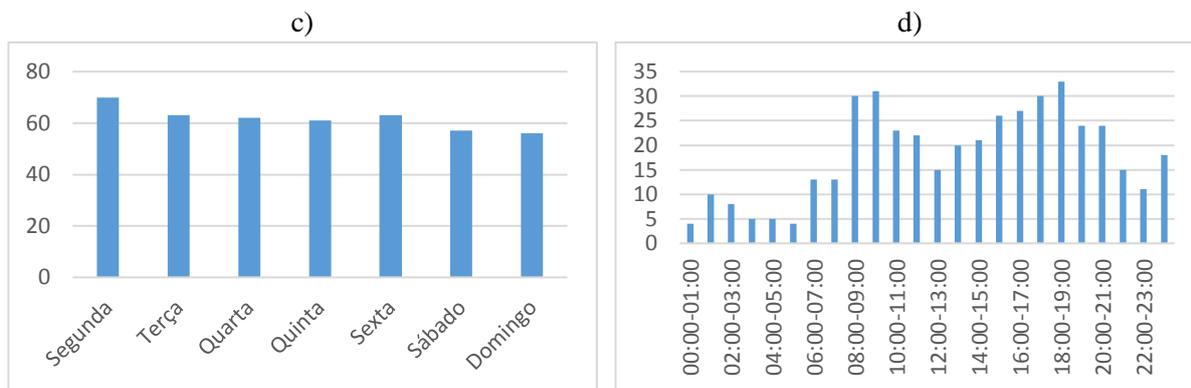


Figura 3.45. Dados estatísticos do Eixo Norte-Sul. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

Com a análise de estradas verifica-se o mesmo. Localmente, observa-se que existem dois locais mais propícios a acidentes, a zona do Viaduto Duarte Pacheco e a Zona de Campolide (Figura 3.46), mas que variam de acordo com o estudo do tipo de acidente e os períodos temporais estudados. O troço de estrada que compreende estas duas zonas já apresenta uma redução de velocidade permitida, sendo o máximo 60 km/h. Visto ser uma estrada com subida/descida, com presença de curvas perigosas, embora bem assinaladas, e onde se verifica que maioritariamente os despistes acontecem porque o piso estava molhado, assim como colisões que ocorreram, sugerem-se medidas que visem o condutor respeitar o limite de velocidade imposto. No troço referido já existem dois radares de velocidade, cuja data de instalação se desconhece. A redução de velocidade permitida para 50km/h também poderá ser adotada, tal qual como a instalação de sinalética que alerte os condutores por ser zona onde costumam ocorrer muitos acidentes.



Figura 3.46. Zonas problemáticas do Eixo Norte-Sul. a) Zona do Viaduto Duarte Pacheco, b) Zona de Campolide

3.3.7.5. Autoestrada 5

A Autoestrada 5 (A5), representada na Figura 3.47, liga Lisboa a Cascais, tendo 25km de comprimento, sendo que no município de Lisboa se encontram aproximadamente 7km. O limite máximo de velocidade é de 120 km/h, havendo alguns troços onde esse limite é reduzido para 100 km/h.



Figura 3.47. Autoestrada 5 (A5)

Nesta via registou-se 372 acidentes ao longo dos anos estudados. Apenas se registam 4 atropelamentos, sendo que a maioria dos acidentes ocorre por colisão, 353, e 142 despistes. Nesta estrada morreram 6 pessoas, registando-se 10 feridos graves e 483 feridos leves. Os acidentes têm tendência a aumentar ao longo da semana, desde segunda até quinta-feira, que regista a frequência máxima, diminuindo sexta-feira e ao longo do fim de semana. As horas críticas nesta via são entre as 9h e as 10h da manhã e entre 17h e as 20h da tarde.

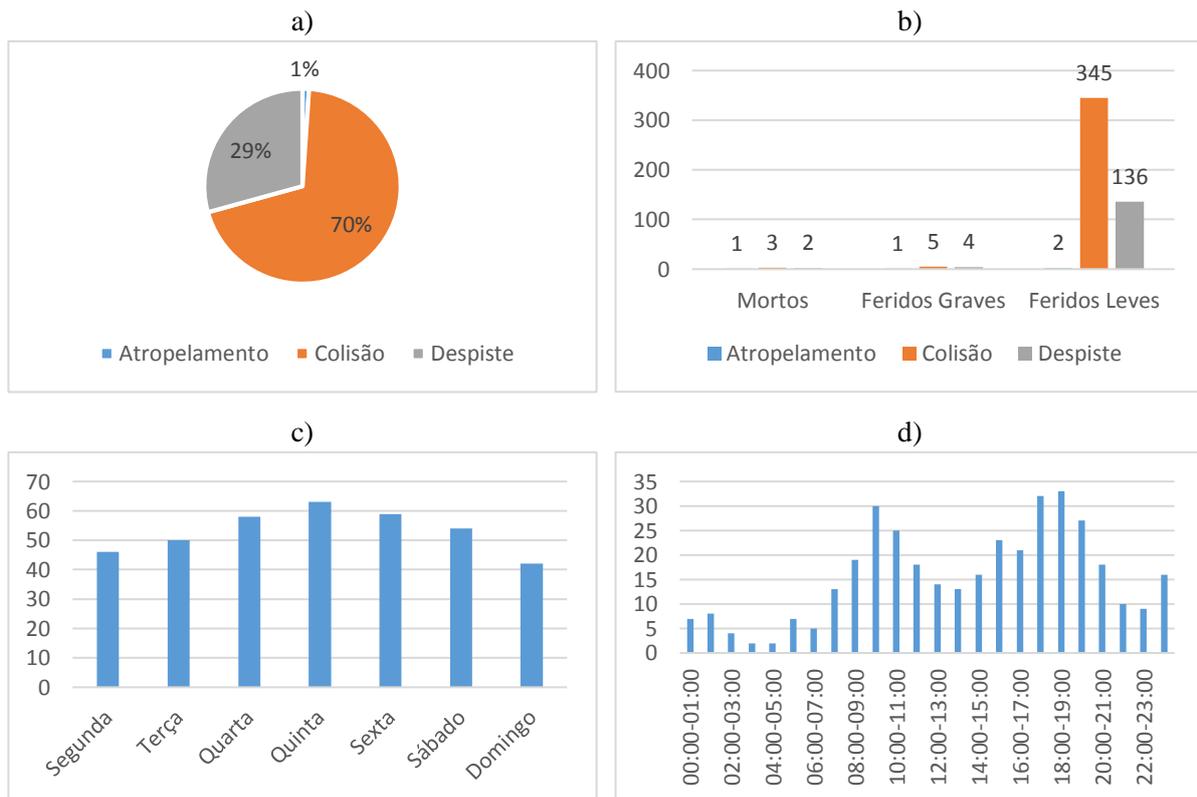


Figura 3.48. Dados estatísticos da A5. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

A análise realizada localmente, no capítulo anterior, apresenta, no fim desta via (onde começa o Viaduto Duarte Pacheco), *hotspots* aos fins de semana, bem como nos períodos da manhã e tarde. É também nesse local que se observa a existência de mais despistes. Neste caso, sugere-se a diminuição de velocidade no troço, assim como o controlo da mesma e avisos de que é uma zona de acidentes, de modo aos condutores terem cuidados redobrados, havendo já em alguns troços radares de controlo de velocidade.



Figura 3.49. Zona problemática da A5

3.3.7.6. Avenida de Berlim

A Avenida de Berlim (Figura 3.50) tem início no Aeroporto de Lisboa e fim no Parque das Nações, possuindo cerca de 3 km de comprimento. A velocidade máxima é de 50km/h.



Figura 3.50. Avenida de Berlim

É a quinta via estudada com mais acidentes, registando-se 326 acidentes, dos quais 85 são atropelamentos de peões, 183 são colisões e 48 são despistes.

Nesta estrada morreram 6 pessoas, registando-se 10 feridos graves e 483 feridos leves. Os acidentes têm tendência a aumentar ao longo da semana, desde segunda até quinta feira, que regista a frequência máxima, diminuindo sexta e ao longo do fim de semana. As horas críticas nesta via são entre as 9h e as 10h da manhã e entre 17h e as 20h da tarde.

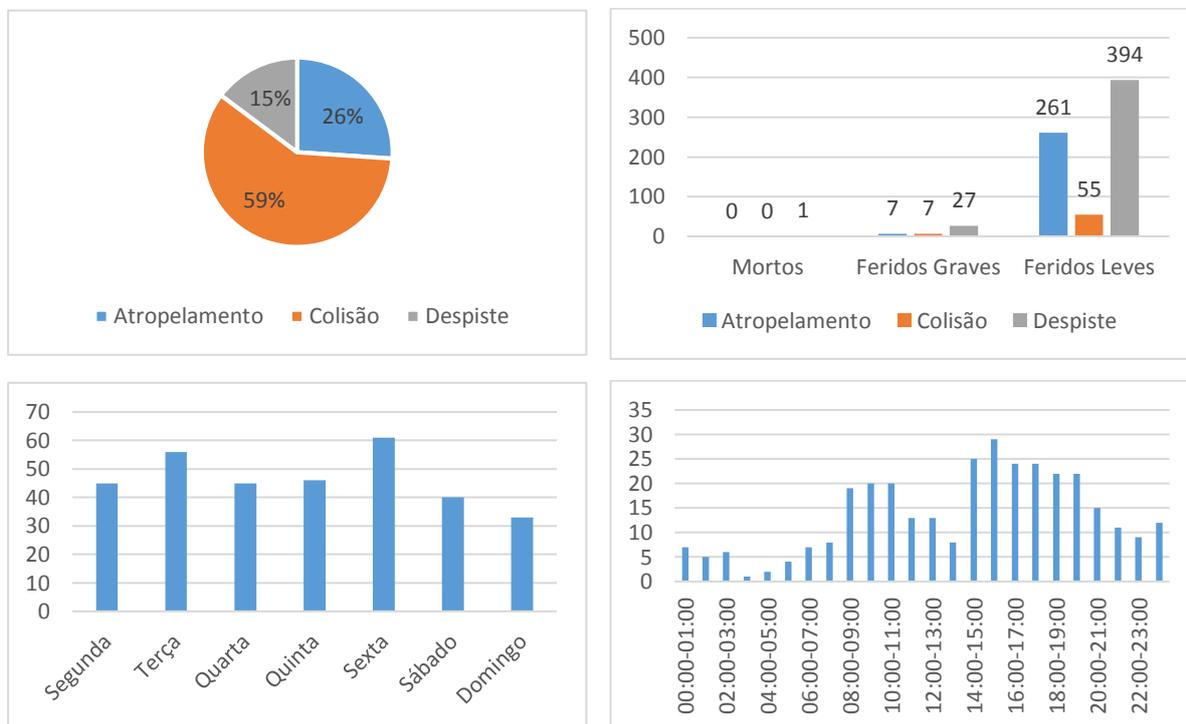


Figura 3.51. Dados estatísticos da Avenida de Berlim. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

Não tendo sido identificado nenhum *hotspot* ao longo da via, as medidas aplicadas devem ser de reforço de sinalização vertical com a velocidade máxima na via, assim como radares de controlo de velocidade.

3.3.7.7. Avenida da República

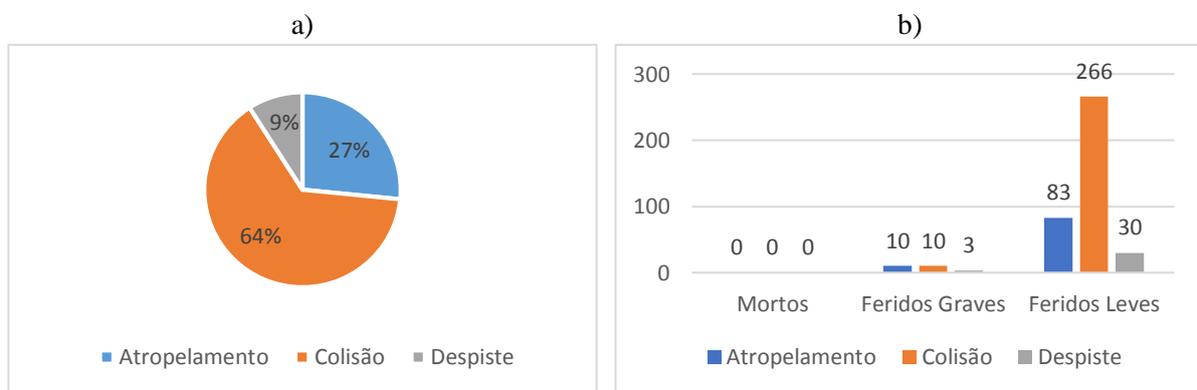
A Avenida da República (Figura 3.52) é uma das avenidas principais de Lisboa e de grande movimentação de automóveis, assim como de peões. Tem início em Entrecampos e acaba no Saldanha. Possui avenidas transversais como Avenida de Berna, Avenida Miguel Bombarda, Avenida Elias Garcia, entre outras. Tem cerca de 1,5km de comprimento e a velocidade máxima permitida é de 50km/h.



Figura 3.52. Avenida da República

Esta avenida, apesar de apresentar 320 acidentes no total, quando calculado o ISRM para cada ano, não apresenta valores maiores que um. No entanto, nos anos de 2007, 2013 e 2014 apresenta valores próximos, tendo nos últimos dois anos havido um aumento comparativamente aos restantes. Dadas estas circunstâncias e por apresentar 320 acidentes, sendo a sétima estrada com mais acidentes, apresenta-se um estudo detalhado para a estrada.

A frequência de acidentes na Avenida da República é de 320 ocorrências. Não existem quaisquer registos de fatalidades na estrada referida, havendo 23 pessoas gravemente feridas e 379 feridos ligeiros. Os dias da semana com maiores registos são segunda-feira e sexta-feira, com domingo a apresentar o menor registo de acidentes de todos os dias da semana. O período das 17h às 19h, que corresponde ao período da hora de ponta, e sendo uma avenida bastante movimentada e por onde passa bastante tráfego, é onde se verifica mais registos.



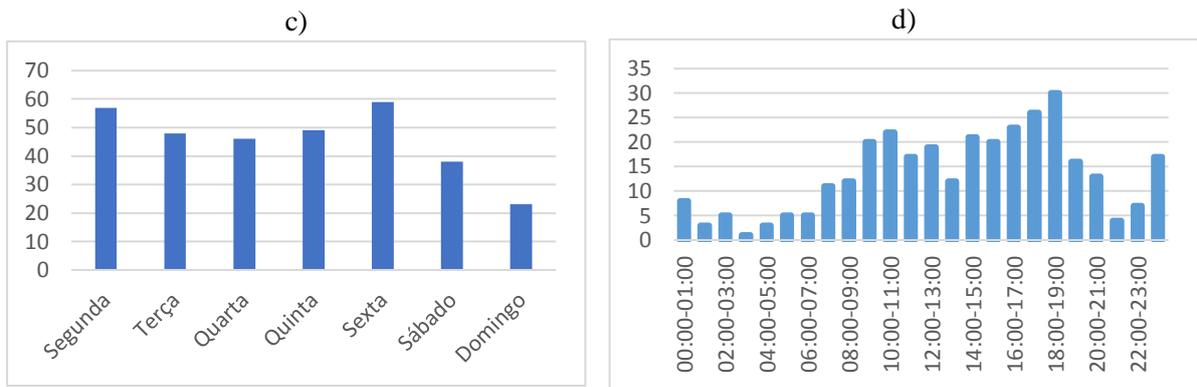


Figura 3.53. Dados estatísticos da Avenida da República. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

A análise realizada por local, evidencia um *hotspot* localizado nesta avenida, na zona do Campo Pequeno e cruzamento com a Avenida de Berna. É visível no estudo dos acidentes por tipo, no caso da colisão. Ao longo da semana, a densidade de acidentes da zona referida é mais intensa à segunda e sexta-feira. Para diminuir os sinistros que ocorrem, propõe-se a melhoria da sinalização vertical e o controlo de velocidade com recurso a radares fixos.



Figura 3.54. Zona problemática da Avenida da República

3.3.7.8. Avenida Marechal Craveiro Lopes

A Avenida Marechal Craveiro Lopes, tem uma extensão de 6 km aproximadamente, iniciando-se no Campo Grande como continuação da Avenida General Norton de Matos.



Figura 3.55. Avenida Marechal Craveiro Lopes

A Avenida Marechal Craveiro Lopes tem 287 registos. Foram registadas 8 fatalidades, 15 feridos graves e 323 feridos leves. Durante os dias da semana, terça-feira apresenta maior número de registos, enquanto que no fim de semana é ao domingo. Os picos máximos de ocorrências são entre as 8 e as 9h da manhã e entre as 16h e 17h da tarde.

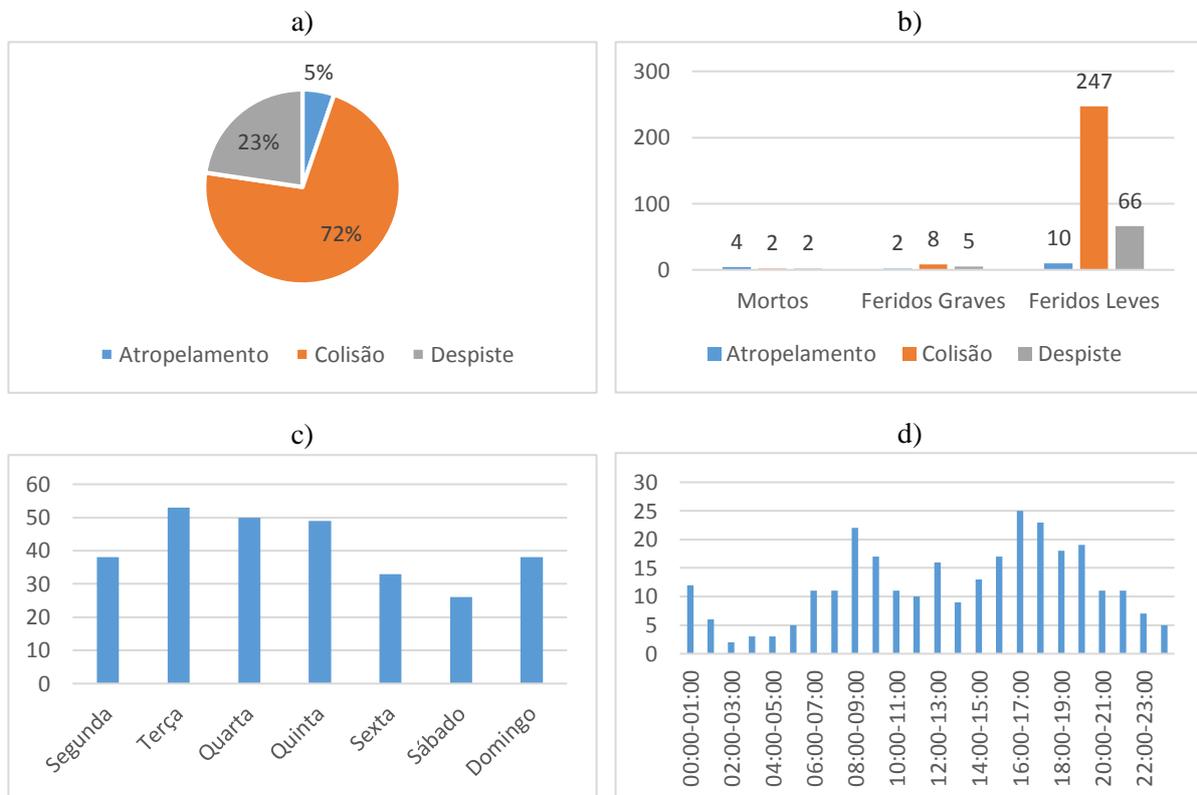


Figura 3.56. Dados estatísticos da Avenida Marechal Craveiro Lopes. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

Relativamente a medidas que possam reduzir o número de acidentes ocorridos, sugere-se medidas que se foquem na redução de velocidade, sistemas semafóricos de velocidade e radares,

incluindo também melhorias nos vários nós de saída da avenida. O reforço da sinalética vertical do limite de velocidade e os painéis de mensagem variável podem também ser medidas úteis, reforçando ao condutor os limites de velocidade designados para cada troço de estrada.

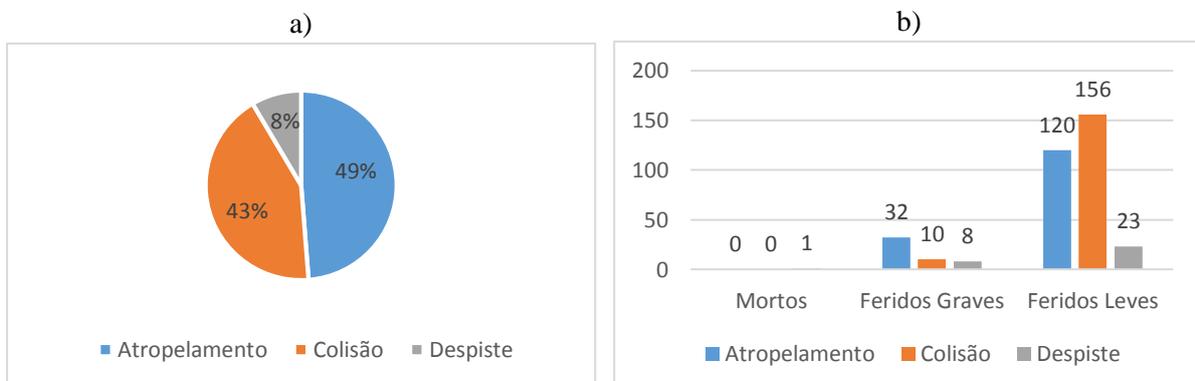
3.3.7.9. Avenida Almirante Reis

A Avenida Almirante Reis (Figura 3.57), localiza-se no centro de Lisboa, fazendo ligação desde a Rua da Palma e a Praça Francisco Sá Carneiro, sendo uma das vias mais movimentadas do centro da cidade. A velocidade máxima é de 50km/h.



Figura 3.57. Avenida Almirante Reis

Na Avenida Almirante Reis, registam-se 283 acidentes, dos quais resultaram 1 morto, 50 feridos graves e 299 feridos leves. O dia onde existe maior frequência de acidentes é à quinta-feira. Durante a manhã, na hora de ponta, observa-se o pico máximo desse período, havendo, no período da tarde, dois máximos de frequência de acidentes, sendo eles entre as 13h e as 14h, correspondendo à hora de almoço e entre as 18h e as 19h, hora de ponta.



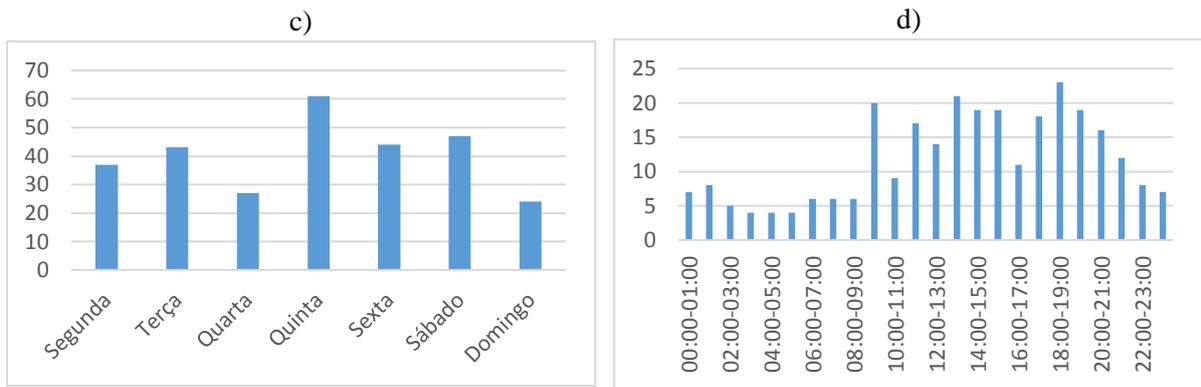


Figura 3.58. Dados estatísticos da Avenida Almirante Reis. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

Sendo uma via localizada no centro urbano de Lisboa, para diminuir os sinistros que ocorrem, propõe-se a melhoria da sinalização vertical.

3.3.7.10. Avenida da Índia

A Avenida da Índia é a continuação da Avenida Vinte e Quatro de Julho terminando em Algés, dando lugar à Avenida Marginal, estendendo-se por 5km, aproximadamente, ao longo do rio Tejo. A velocidade máxima é de 90km/h.



Figura 3.59. Avenida da Índia

Nesta avenida registaram-se 256 acidentes, dos quais resultaram 8 mortos, 27 feridos graves e 334 feridos leves. Quarta e quinta-feira são os dias com mais acidentes registados. A hora de ponta correspondente ao período entre as 8 e as 9 horas tem mais registos, seguida do período das 11 às 12 horas.

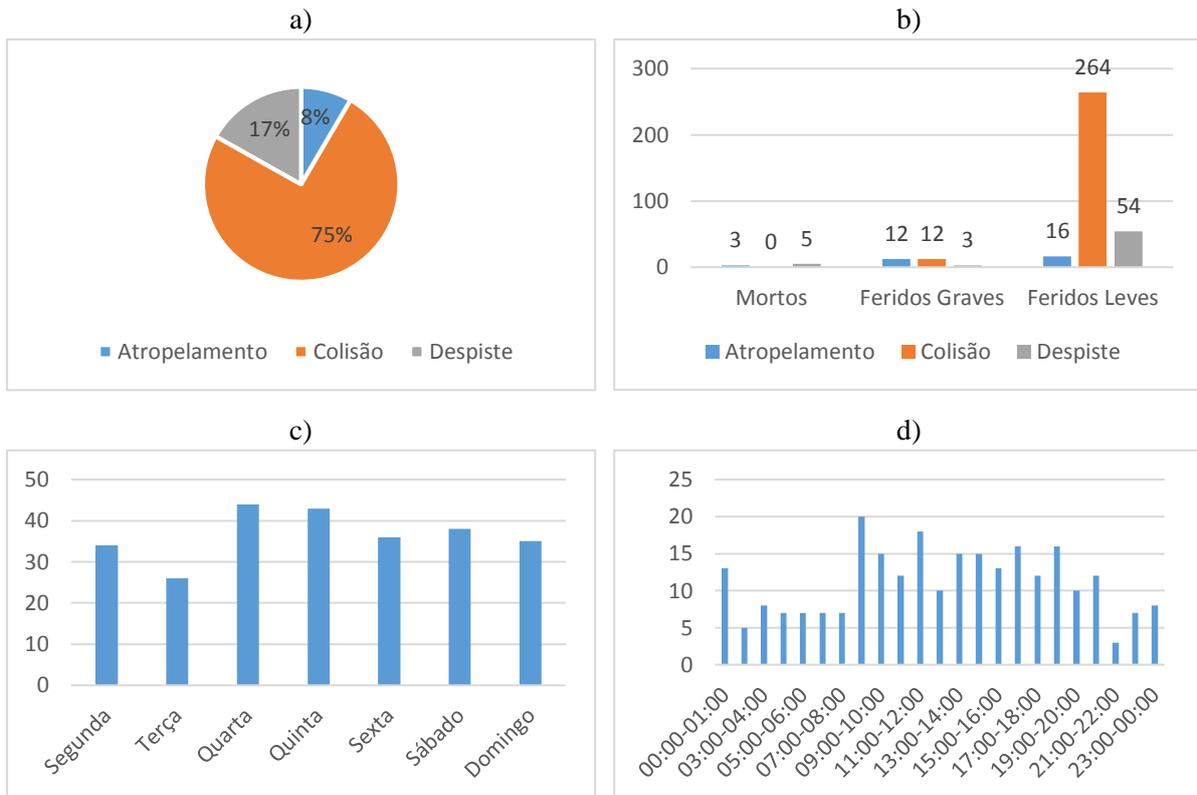


Figura 3.60. Dados estatísticos da Avenida da Índia. a) Percentagem de acidentes por tipo, b) Número de mortos, feridos graves e leves por tipo de acidentes, c) número de acidentes por dia da semana, d) Número de acidentes por hora

Assim como a Avenida Infante Dom Henrique, a análise feita localmente através do estimador densidade de *Kernel* não apresenta, ao longo da via, *hotspots*. Por essa razão, apresentam-se medidas mais generalizadas com o intuito de reduzir os acidentes. De maneira a fazer os condutores respeitar a velocidade permitida, propõe-se a colocação de radares de controlo de velocidade e pré-avisos. A redução da velocidade permitida em locais de interseção com outras vias deve ser diminuída e os locais de passagem de peões devem ser elevados ou criadas pontes/túneis para peões.

3.3.8. Mapa de Troços e Estradas Problemáticas

Como resultado deste estudo é possível agora produzir uma cartografia onde possam ser assinaladas todas as estradas que requerem maior vigilância quanto à ocorrência de acidentes rodoviários assim com alguns troços dessas estradas mais problemáticos. A Figura 3.61 e o Anexo 6.2 (Página 92) mostra o mapa de estradas e troços problemáticos, indicando às autoridades responsáveis sobre que vias do Município de Lisboa devem centrar as atenções para a aplicação de medidas de prevenção rodoviária mais eficazes.

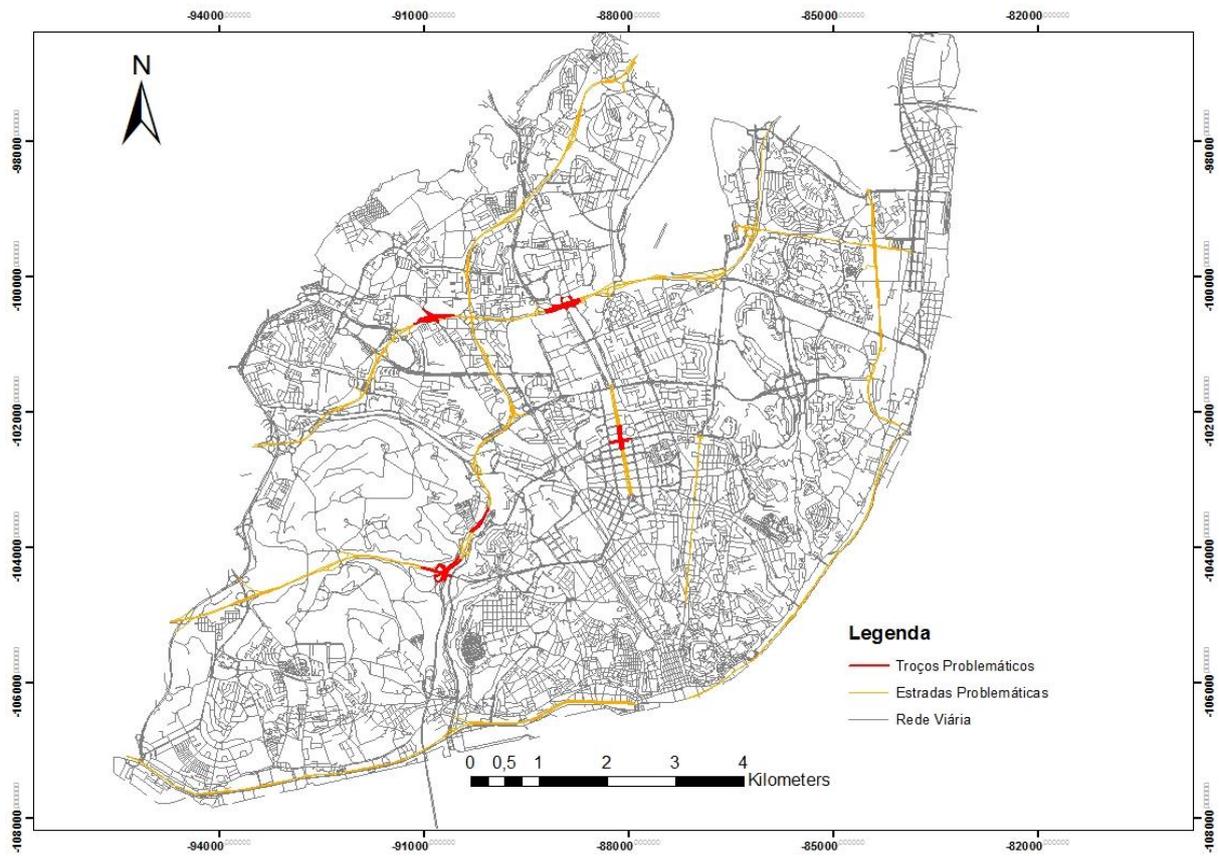


Figura 3.61. Mapa de Troços e Estradas Problemáticas

4. Conclusões e Perspetivas Futuras

4.1. Conclusões

A visualização e a análise espacial dos acidentes rodoviários no Município de Lisboa têm uma importância extrema permitindo estudar e aplicar medidas de planeamento e prevenção a fim de reduzir a ocorrência de sinistros, e, conseqüentemente, salvar vidas.

Um dos aspetos mais importantes na análise espacial é, sem dúvida, a existência de informação precisa dos eventos, isto é, o conhecimento da localização exata do local onde ocorre o acidente. No presente trabalho, apenas os dados de 2014 continham esta informação pelo que, para os restantes anos, foi necessário geocodificar esta informação. Contudo, a precisão destes eventos é relativa, pois baseia-se apenas no nome da via fornecido. Assim, as coordenadas obtidas através da geocodificação são do centroide da estrada, resultando na sobreposição de vários acidentes num mesmo local, em vez de ser ao longo da estrada. Por essa razão, a análise dos dados 2005 a 2013 foi apenas feita ao nível do troço de estrada.

A análise descritiva dos dados ajuda a compreender alguns aspetos relacionados com os dados, numa perspetiva de análise exploratória simples, percebendo quais são os atributos que devem ser estudados e também os que não são relevantes e/ou contém erros. A análise espacial dos dados, ao nível das estradas, foi feita em duas componentes: o cálculo da frequência de acidentes por estrada, de acordo com o tipo de acidente, nas várias janelas temporais; e o cálculo do índice ISRM, utilizado pela ANSR, para a determinação de pontos negros. Neste projeto não foi possível identificar uma localização específica como ponto negro, devido às limitações anteriormente apresentadas dos dados, e como tal este conceito foi aplicado ao nível de toda a extensão de determinada estrada. A análise de densidade de Kernel foi aplicada aos dados de 2014 a fim de identificar, localmente, os *hotspots* de acidentes por todo o município, consoante o tipo de acidente e por características temporais. Foi possível perceber que os acidentes acontecem mais aos dias de semana em estradas do centro da cidade e ao fim de semana em zonas mais periféricas. As horas de ponta têm uma maior frequência de acidentes, sendo o maior período entre as 18h e 20h, horas a que, normalmente, os trabalhadores saem dos empregos, podendo estar associado o stress e impaciência das pessoas a chegar a casa. Durante o verão há uma diminuição dos acidentes nas estradas, provavelmente devido às férias, mas o contrário verifica-se no outono. Verificou-se a diminuição dos acidentes ao longo dos primeiros três anos de dados, 2005 a 2007, possivelmente devido às medidas implementadas. Nos três anos depois de 2007, existe um aumento do registo de eventos, atingindo o máximo em 2010. A partir de 2010 há uma ligeira diminuição e estabilização do número de acidentes.

A combinação dos métodos anteriores, análise de estradas e ISRM permite identificar 10 estradas denominadas como pontos negros as quais mereceram um estudo mais detalhado. A análise local realizada anteriormente, permitiu conhecer os troços das estradas que são mais problemáticas, sendo geralmente estradas com grande movimentação de tráfego e troços normalmente com interseções. Por último, são propostas algumas medidas que possam combater a sinistralidade nesses locais, ajudando assim as entidades responsáveis pela segurança e prevenção nas estradas e conferindo-lhes os elementos cartográficos necessários para os apoiar na tomada de decisões conscientes para melhorar o planeamento e a gestão da cidade.

4.2. Perspetivas/Propostas Futuras

O tema dos acidentes rodoviários é muito complexo, existindo diversas componentes envolvidas no acidente: as infraestruturas, o veículo e os condutores. Contudo ao longo deste projeto detetaram-se falhas que conduziram à limitação das análises aplicadas e consequentemente às conclusões obtidas. É nesse sentido que é fundamental efetuar-se um conjunto de recomendações que permitam colmatar as lacunas de informação sentidas deste projeto, tais como:

1. Geocodificar os locais dos acidentes rodoviários de forma inequívoca, preferencialmente usando um sistema de referencia cartográfico.

2. Efetuar melhoria na estrutura do boletim (BEAV), associando informações que detalhem melhor o acidente, enriquecendo dessa forma os dados, constituindo assim uma base de dados coerente com informação detalhada da sinistralidade do país.

3. Criação de uma aplicação que possa ser usada de igual forma por todo o país, contendo uma base de dados com as informações necessárias para a correta identificação do acidente, incluindo as coordenadas geográficas, assim como diversos atributos com mais informações relevantes das causas do acidente.

4. Avaliar a aplicação de outros índices que também incluíssem os acidentes ocorridos, mesmo havendo apenas danos materiais, dando robustez à análise de sinistros nas estradas em Portugal, permitindo detetar mais facilmente os *hotspots* de acidentes e as suas características.

5. Realizar uma análise detalhada dos locais onde foram aplicadas medidas de prevenção de acidentes rodoviários e compreender o seu efeito no espaço e no tempo.

5. Referências bibliográficas

- Aghajani, M. A., R. S. Dezfoulian, A.R. Arjroody e M. Rezaei, (2017). “Applying GIS to Identify the Spatial and Temporal Patterns of Road Accidents Using Spatial Statistics (case study: Ilam Province, Iran)”. *Transportation Research Procedia*, Vol. 25, pp. 2126-2138.
- Aguero-Valverde, J. e P. P. Jovanis, (2006). “Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania”. *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 38, pp. 618–625.
- Anderson, T. K. (2009). “Kernel density estimation and K-means clustering to profile road accident hotspots”. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 41, pp. 359–364.
- ANSR (2009). Guia para a elaboração de Planos Municipais de Segurança Rodoviária” Autoridade Nacional Segurança Rodoviária, Lisboa, p. 21. Disponível em: http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/PlanosdeSegurancaRodoviaria/Documents/Guia_Planos_Municipais_Seguranca_Rodoviaria.pdf
- ANSR (2014). “Sinistralidade Rodoviária”. Autoridade Nacional Segurança Rodoviária, Lisboa, p. 56. Disponível em: <http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>
- ANSR (2016). “PENSE 2020 – Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária”. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Lisboa. Disponível em: <http://www.ansr.pt/Noticias/Pages/PENSE-ANSR-2020.aspx>
- Baião, M. (2010). “Sinistralidade Rodoviária Urbana: Caso de estudo do Montijo”. Dissertação de Mestrado, texto não publicado, Instituto Superior Técnico, Portugal.
- Bigham, J. M., T. M. Rice, S. Pande, J. Lee, S. H. Park, N. Gutierrez e D.R. Ragland (2009). “Geocoding police collision report data from California: a comprehensive approach”. *International Journal of Health Geographics*, Vol. 10, pp. 1–10.
- Bíl, M., R. Andrásik, e Z. Janoska (2013). “Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation”. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 55, pp. 265–273.
- Brimicombe, A. J. (2005). “Cluster Detection in Point Event Data Having Tendency Towards Spatially Repetitive Events”, *Proceedings of the Eighth International Conference on GeoComputation*, Michigan
- Budiharto, U. e A. P. Saido (2012). “Traffic Accident Blackspot Identification and Ambulance Fastest Route Mobilization”. *Jurnal Transportasi*, 12(3), pp. 237–248.
- Çela, L., S. Shiode, e K. Lipovac (2013). “Integrating GIS and Spatial Analytical Techniques in an Analysis of Road Traffic Accidents in Serbia”. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, Vol. 3, pp. 1–15.
- EC (2010a). “Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Towards a European road safety area: policy orientations on road safety 2011-2020”. European Commission, Brussels
- EC (2010b). “Road Safety Programme 2011-2020: detailed measures”. European Commission, MEMO/10/343. Acedido a: 15/05/2017. URL: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-10-343_en.htm
- EC (2015). “Road safety in European Union”. European Commission, Brussels

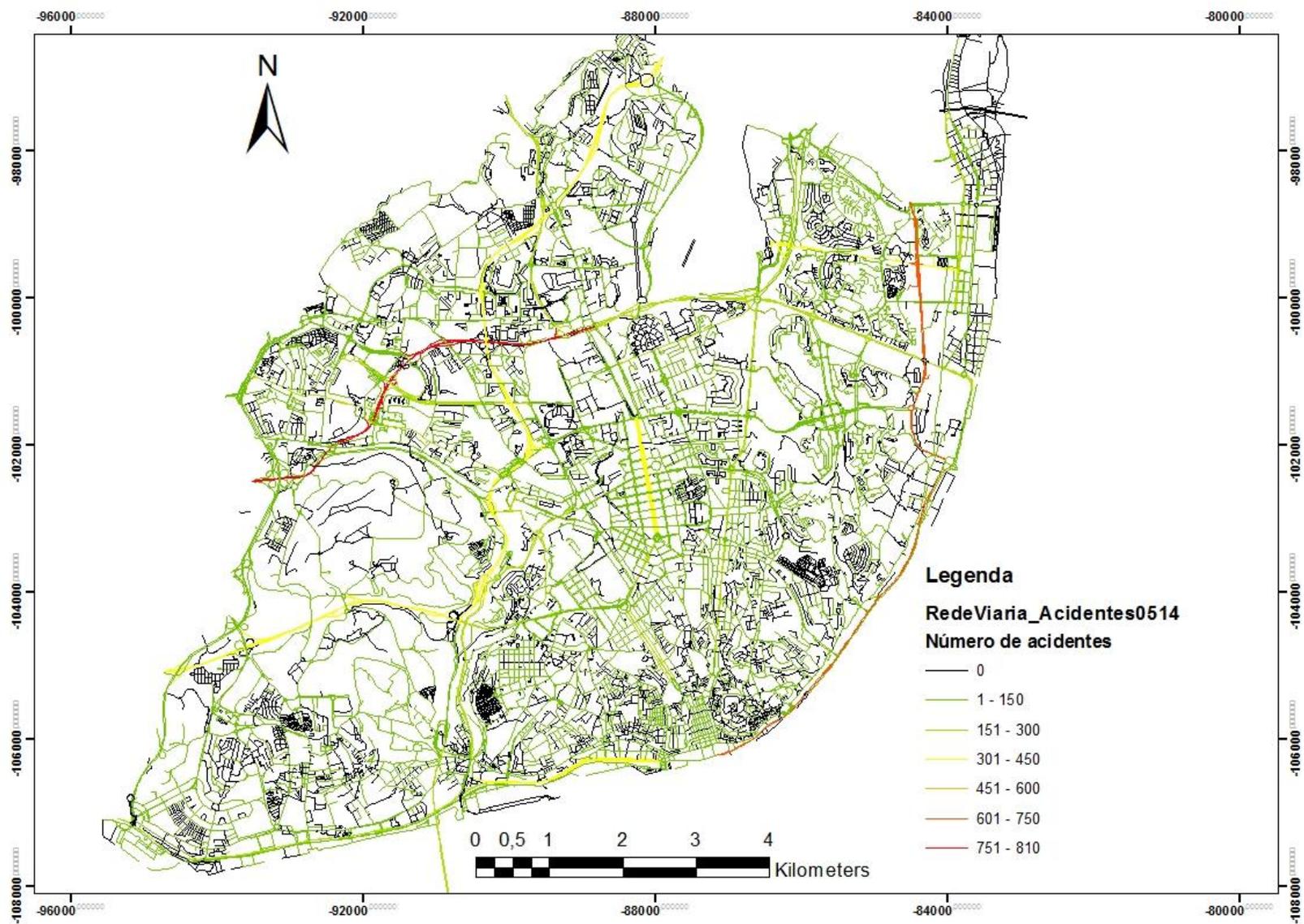
- Erdogan, S. I. Yilmaz, T. Baybura e M. Gullu (2008). “Geographical information systems aided traffic accident analysis system case study: city of Afyonkarahisar”. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, pp. 174–181.
- Ferreira, A. B. (2016). “Em dois anos, Lisboa ganhou mais 15 mil carros por dia”, *Diário de Notícias* (Versão Eletrónica). Acedido a: 16/10/2017. URL: <https://www.dn.pt/sociedade/interior/em-dois-anos-lisboa-ganhou-mais-15-mil-carros-por-dia-5467350.html>
- Flahaut, B, M. Mouchart, E. S. Martin e I. Thomas (2003). “The local spatial autocorrelation and the kernel method for identifying black zones A comparative approach”. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35, pp. 991–1004.
- Guerreiro, T. (2008). “Análise da Sinistralidade Rodoviária em Portugal. Estudo de duas vias: EN6 e A5”. Dissertação de Mestrado, texto não publicado, Instituto Superior Técnico, Portugal.
- Jones, A. AP., I.H. Langford, G. Bentham (1996). “The application of K-function analysis to the geographical distribution of road traffic accident outcomes in Norfolk, England”. *Social Science & Medicine*, Vol. 42, pp879-885
- Kim, K. e E. Y. Yamashita, (2005). “Using a K-Means Clustering Algorithm to Examine Patterns of Pedestrian Involved Crashes in Honolulu, Hawaii”. *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 41, pp. 69–89.
- Kulldorff, M., E. J. Feuer, B. A. Miller e L. S. Freedman (1997). “Breast Cancer Clusters in the Northeast United States: A Geographic Analysis”. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 146, pp. 161–170.
- Loo, B. P. Y. (2006). “Validating crash locations for quantitative spatial analysis: A GIS-based approach”. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 38, pp. 879–886.
- MacQueen, J. B. (1967). “Some methods for classification and analysis of multivariate observations”. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Vol.1, pp. 281-297.
- Murray, A. T., I. McGuffog, J. S. Western e M. Patrick (2001). “Exploratory spatial data analysis techniques for examining urban crime”. *British Journal of Criminology*, Vol. 41, pp. 309–329.
- Noland, R. B. e M. A Quddus (2004). “A spatially disaggregate analysis of road casualties in England”. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 36, pp. 973–984.
- O’Sullivan e D. J. Unwin (2002). “A surface-based approach to measuring spatial segregation.” *Geographic Analysis*, Vol. 39, pp. 147–168.
- OECD/ITF (2016). “Road Safety Annual Report 2016”. OECD Publishing, Paris.
- Okabe A., K Okunuki e S. Shiode (2006). “SANET: A toolbox for spatial analysis on a network”. *Geographical Analysis*, Vol. 38, pp. 57–66.
- Plug, C., Xia, J., Caulfield, C. (2011). “Spatial and temporal visualization techniques for crash analysis” *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43, pp. 1937-1946.
- Prasannakumar, V., H. Vijith, R. Charutha e N. Geetha (2011). “Spatio-Temporal Clustering of Road Accidents: GIS Based Analysis and Assessment”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 21, pp. 317–325.
- Pulugurtha, S. S. e V.R Sambhara (2011). “Pedestrian crash estimation models for signalized intersections”. *Accident Analysis and Prevention*, Vol 43, pp. 439–446.

- Ripley, B.D. (1976). "The second-order analysis of stationary point processes". *Journal of Applied Probability*, Vol. 12, pp. 255-266.
- Rodriguez-Morales, A. J. (2016). "Zika infection GIS-based mapping suggest high transmission activity in the border area of La Guajira, Colombia, a northeastern coast Caribbean department, 2015–2016: Implications for public health, migration and travel". *Travel Medicine and Infectious Disease*, Vol. 14(3), pp. 286–288.
- Sabel C. E., A.C. Gatrell, M. Löytönen, P. Maasilta, M. Jokelainen (2000). "Modelling exposure opportunities: estimating relative risk for motor neurone disease in Finland". *Social Science & Medicine*, Vol. 50, pp1121-1137.
- Silverman, B. W., (1986). "Density estimation for statistics and data analysis". *Chapman and Hall*, Londres
- Wand, M. P. e M. C. Jones (1995). "Kernel Smoothing". *Chapman & Hall*, Londres
- WHO (2015). "Global Status Report on Road Safety". World Health Organization, Geneva.
- Xie, Z. e J. Yan (2008). "Kernel Density Estimation of traffic in a network space". *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 32, pp. 396-406.
- Yalcin, G. e H. S. Duzgun (2015). "Spatial analysis of two-wheeled vehicles traffic crashes: Osmaniye in Turkey". *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 19, pp. 2225–2232.
- Yang, D., L. M. Bilaver, O. Hayes e R. Goerge (2004). "Improving Geocoding Practices: Evaluation of Geocoding Tools". *Journal of Medical Systems*, Vol. 28.

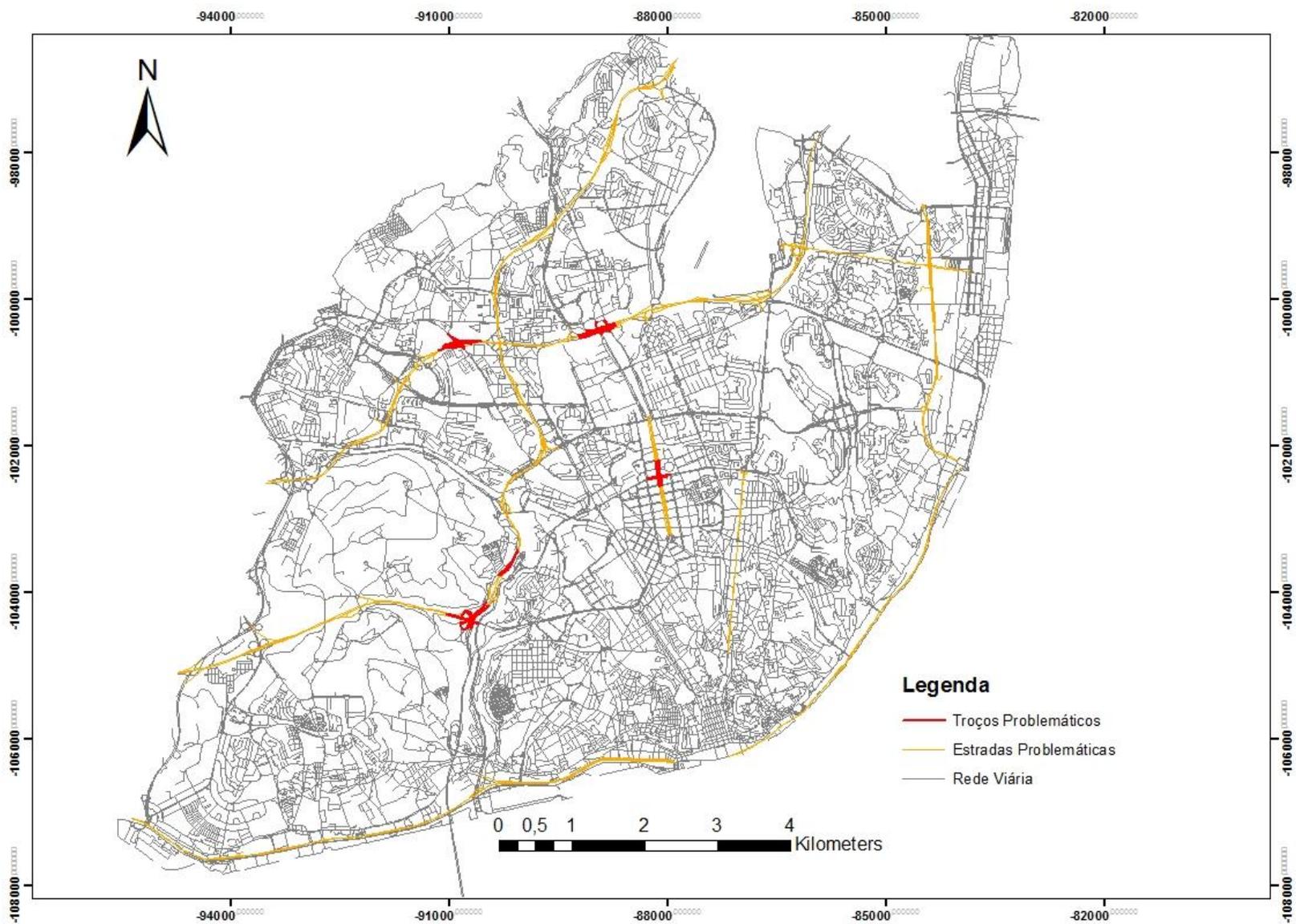
6. Anexos

6.1. Mapa de frequência de acidentes global	91
6.2. Mapa de estradas e troços problemáticos.....	92
6.3. Boletim Estatístico de Acidentes de Viação	93
6.4. Exemplo conjunto de dados fornecidos pela ANSR para o ano 2005	95
6.5. Cálculo ISRM.....	96

6.1. Mapa de frequência de acidentes global



6.2. Mapa de estradas e troços problemáticos



6.3. Boletim Estatístico de Acidentes de Viação

Instrumento de notação registrado no LNE, sob o n.º 10111, válido até 31/12/2014

Nº Boletim

Entidade Fiscalizadora



(Reservado ao centro de veículos)

A - a preencher em todos os acidentes B e seguintes - a preencher apenas em acidentes com vítimas

A - IDENTIFICAÇÃO DO ACIDENTE

A1 DATA/HORA
Ano Mês Dia Hora Min.

A2 LOCALIZAÇÃO
1 Fora das localidades
 Dentro das localidades
2 Distrito
Concelho
Freguesia
Povoação [ou a mais próxima]
Coordenadas GPS
Latitude
Longitude
3 Designação de via
Km
Arreamento n.º
4 Se houver separador central indique em que sentido
1 Crescente
2 Decrescente
A3 TIPO DE ACIDENTE
1 Acidente só com danos materiais
2 Acidente com vítimas
Mortes
Feridas graves
Feridas leves
A4 NATUREZA DO ACIDENTE
1 Despiste
2 Colisão
3 Atropelamento
A5 NÚMERO DE VEÍCULOS INTERVENIENTES
Cidomotor e motociclo
Veículo ligeiro
Veículo pesado
Outros
A6 CONDUTORES INTERVENIENTES
1 SEXO
A B C
1 Masculino
2 Feminino
2 DATA DE NASCIMENTO
Ano Mês Dia Ano Mês Dia
A B
C

3 Sem barmo ou impraticável
2 Barmo não pavimentado
3 Barmo pavimentado
4 SITUAÇÃO DO ACIDENTE
1 Em pleno via
2 No barmo
3 No passeio
4 Em via ou pista reservada
5 Em parque de estacionamento
5 INTERSEÇÃO DE VIAS
1 Fora da interseção
Em interseção de nível
2 Em cruzamento
3 Em entrecruzamento
4 Em rotunda
5 Em passagem de nível
Em interseção desnívelada
6 Em via de aceleração
7 Em via de desaceleração
8 Em ramo de ligação - entrada
9 Em ramo de ligação - saída
6 ACIDENTE EM OBRAS DE ARTE
1 Túnel
2 Viaduto/Ponte
3 Passagem estreita
B3 REGIME DE CIRCULAÇÃO
1 FAIXA DE RODAGEM COM
1 Sentido único
2 Dois sentidos
3 Reversível
2 VELOCIDADE PERMITIDA NO LANÇO
Limite geral Km/h
Limite local Km/h
B4 PAVIMENTO
1 TIPO DE PISO
1 Terra batida
2 Betuminoso
3 Betão de cimento
4 Calçada
2 ESTADO DE CONSERVAÇÃO
1 Em bom estado
2 Em estado regular
3 Em mau estado
3 OBSTÁCULOS OU OBRAS
1 Inexistentes
2 Não sinalizados
3 Insuficientemente sinalizados
4 Corretamente sinalizados
4 CONDIÇÕES DE ADERÊNCIA
1 Seco e limpo
2 Húmido
3 Molhado
4 Com água acumulada na faixa de rodagem
5 Com gelo, geada ou neve
6 Com lama
7 Com gravilha ou areia
8 Com óleo
B5 SINALIZAÇÃO
1 MARCAS NO PAVIMENTO
1 Sem marcas rodoviárias ou pouco visíveis
2 Com marcas - separadoras de sentido de trânsito
3 Com marcas - separadoras de sentido e de vias de trânsito
2 SINALIZAÇÃO LUMINOSA
1 Inexistente
2 A funcionar normalmente
3 Intermitente
4 Desligada
3 SINAIS
1 Stop
2 Cédência de passagem
3 Proibição de ultrapassagem
4 Passagem de peões
5 Outros

B6 LUMINOSIDADE
1 Em pleno dia
2 Sol escondente
3 Aurora ou crepúsculo
4 Noite, sem iluminação
5 Noite, com iluminação
B7 FATORES ATMOSFÉRICOS
1 Bom tempo
2 Chuva
3 Vento forte
4 nevoeiro
5 Neve
6 Nuvem de fumo
7 Granizo
C - NATUREZA DO ACIDENTE
DESPISTE
1 Despiste simples
Com transposição do separador central
2 Com dispositivo de retenção
3 Sem dispositivo de retenção
4 Com transposição do dispositivo de retenção lateral
5 Com capotamento
6 Com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo
7 Com fuga
COUSÃO
8 Frontal
9 Traseiro com outro veículo em movimento
10 Lateral com outro veículo em movimento
11 Com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem
12 Choque em cadeia
13 Com fuga
14 Outras situações
ATROPELAMENTO
15 De peões
16 De animais
17 Com fuga
Inclindo posterior. A B C A preencher no caso de se verificar

B - CIRCUNSTÂNCIAS EXTERNAS

B1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA VIA
1 ESTRADA COM SEPARADOR
1 Autoestrada - nº de vias de trânsito no sentido
2 Outra via - nº de vias de trânsito no sentido
2 ESTRADA SEM SEPARADOR - nº de vias no sentido
3 VIA DE TRÂNSITO
1 Esquerda
2 Direita
3 Central
B2 TRAÇADO DA VIA
1 EM PLANTA
1 Reto
2 Curvo
2 EM PERFIL
1 Em patamar
2 Com inclinação
3 Em lomba

D - VEÍCULOS INTERVENIENTES
D1 CATEGORIA/CLASSE
1 VEÍCULOS A, B e C
A B C
1 Velocipede
2 Velocipede c/motor
3 Cidomotor
4 Triciclo
5 Motociclo cilindrada ≤ 125cc
6 Motociclo cilindrada > 125cc
7 Automóvel ligeiro
8 Automóvel pesado
9 Veículo agrícola
10 Máquina industrial
11 Veículo sobre rodas
12 Veículo de tração animal
13 Quadriciclo
14 Desconhecido
2 Se for automóvel ligeiro ou pesado, indicar o tipo:
A B C
1 Passageiros
2 Mercadorias
3 Mistó
4 Trator
5 Veículo especial. Qual?

- 3. A B C**
 1 Sem semáforo/reboque
 2 Com semáforo/reboque

D2 TIPO DE SERVIÇO

- A B C**
 1 Particular
 2 Público

D3 ANO DE MATRÍCULA

A B C

D4 INSPEÇÃO PERIÓDICA

- A B C**
 1 Não obrigatória
 2 Válida
 3 Sem validade

D5 CERTIFICADO ADR

- 1.** Preencher apenas no caso de transporte de mercadorias perigosas

- A B C**
 1 Válido
 2 Sem validade
 3 Inexistente

2. MATÉRIA/OBJETO PERIGOSO TRANSPORTADO

D6 CARGA/LOTAÇÃO/PNEUS

1. CARGA/ROTAÇÃO

- A B C**
 1 Sem carga
 2 Com excesso de carga
 3 Carga bem acondicionada
 4 Carga mal acondicionada
 5 Com lotação excedida

2. PNEUS

- A B C**
 1 Sem deficiência
 2 Com deficiência

3. TACÓGRAFO

- A B C**
 1 Sem tacógrafo ou desativado
 2 Com tacógrafo

D7 SEGURO

- A B C**
 1 Com seguro
 2 Sem seguro
 3 Isento

E - CONDUTORES INTERVENIENTES

E1 CARACTERÍSTICAS DA HABILITAÇÃO DE CONDUÇÃO

1. LICENÇA/CARTA DE CONDUÇÃO

- A B C**
 1 Com licença/carta adequada ao veículo
 2 Com licença/carta não adequada ao veículo
 3 Em situação de instrução/exame
 4 Caducado/suspenso
 5 Sem licença/carta
 6 Não necessária ao veículo que conduz

2. PAÍS DE EMISSÃO

- A B C**
 1 Portugal
 2 Outro(a) A B C

3. ANO DA HABILITAÇÃO

Relativamente ao veículo que conduz
 A B C

4. CERTIFICADO ADR

- A B C**
 1 Válido
 2 Sem validade
 3 Inexistente

E2 CONDIÇÕES PSÍCO/FÍSICAS

1. CONTROLO DO NÍVEL DE ALCOOLEMIA

- A B C**
 1 Submetido ao teste de alcoolemia
 Não submetido por
 2 Doença
 3 Lesão ou morte decorrente do acidente
 4 Condutor não contactado na altura do acidente
 5 Fuga
 6 Recusa
 7 Outro

2. TAXA DE ALCOOLEMIA

A B C

3. OUTROS FATORES

- A B C**
 1 Normal
 2 Droga por distração
 3 Sono/soneolência
 4 Distração
 5 Doença súbita
 6 Fadiga

4. TEMPO DE CONDUÇÃO CONTINUADA

- A B C**
 1 Menos de 1 hora
 2 De 1 a 3 horas
 3 De 3 a 5 horas
 4 Mais de 5 horas
 5 Ignorado

E3 AÇÕES E MANOBRAS ANTES DO ACIDENTE

1. A B C

- 1 Início de marcha
 2 Saída de estacionamento ou rua particular
 3 Em marcha normal
 4 Ultrapassagem pela esquerda
 5 Ultrapassagem pela direita
 6 Mudança de direção para a esquerda
 7 Mudança de direção para a direita
 8 Marcha atrás
 9 Circulação em sentido oposto ao estabelecido
 10 Troca de braço
 11 Parado ou estacionado
 12 Inversão do sentido de marcha
 13 Trânsito em fileiras paralelas
 14 Mudança de via de trânsito para a esquerda
 15 Mudança de via de trânsito para a direita
 16 Desvio brusco/saída de fila de trânsito
 17 Atravessando a via

2. ESQUEMA (Ver esquema em anexo)

E4 INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR A AÇÕES E MANOBRAS

- A B C**
 1 Desapeito da sinalização vertical
 2 Desapeito das marcas rodoviárias
 3 Desapeito da sinalização semafórica
 4 Manobras irregulares
 5 Velocidade excessiva para as condições existentes
 6 Não sinalização da manobra
 7 Desapeito das distâncias de segurança
 8 Circulação afastado do bermo ou passeio
 9 Rebentamento pneumático
 10 Queda de carga ou objeto
 11 Falha mecânica do veículo
 12 Ausência de luzes quando obrigatórias
 13 Obstáculo imprevisto na faixa de rodagem
 14 Abertura de porta
 15 Encandeamento
 16 Não identificado

E5 ACESSÓRIOS DE SEGURANÇA

- A B C**
 1 Capacete
 2 Cinto de segurança
 3 Sem uso de cinto/capacete
 4 Isento

F - CONSEQUÊNCIAS DO ACIDENTE

F1 CONDUTORES VÍTIMAS

1. GRAU DE GRAVIDADE DAS LESÕES

- A B C**
 1 Morto
 2 Ferido grave
 3 Ferido leve

F2 PASSAGEIROS VÍTIMAS

Veículo A Veículo B Veículo C

1. SEXO

- a b c d i j l m r s t u
 1 Masculino
 2 Feminino

2. IDADE

a b i j l m r s

 c d i j l m r s

3. POSIÇÃO NO VEÍCULO

- a b c d i j l m r s t u
 1 À frente
 2 À retaguarda
 3 Desconhecido

4. USO DE ACESSÓRIOS DE SEGURANÇA

- a b c d i j l m r s t u
 1 C/ capacete/cinto segurança
 2 C/ sistema retenção de crianças
 3 S/ uso capacete/cinto segurança
 4 S/ sistema retenção de crianças

5. GRAU DE GRAVIDADE DAS LESÕES

- a b c d i j l m r s t u
 1 Morto
 2 Ferido grave
 3 Ferido leve
 4 Isento

F3 PEÕES VÍTIMAS

1. SEXO

- a b c d
 1 Masculino
 2 Feminino

2. a b c d

- 1 Peão isolado
 2 Peões em grupo
 3 Conduzindo à mão velocípedes, carros de crianças ou de deficientes físicos
 4 Deslocando-se sobre patins, trotinetes ou outros

3. IDADE

a b c d

4. CONDIÇÕES PSÍCO-FÍSICAS

- a b c d
 1 Sem restrições
 2 Com visão deficiente
 3 Com audição deficiente
 4 Com deficiência motora
 Influenciado pelo álcool

5

5. AÇÕES

- a b c d
 1 A sair ou entrar num veículo
 2 Surgindo inesperadamente na faixa de rodagem de trás de um obstáculo
 3 Em plena faixa de rodagem
 4 Em trabalhos na via
 5 Atravessando fora da passagem de peões, a menos de 50 m de uma passagem
 6 Atravessando fora da passagem de peões a mais de 50 m de uma passagem ou quando não exista passagem
 7 Atravessando em passagem sinalizada
 8 Atravessando em passagem sinalizada com desapeito da sinalização semafórica
 9 Em fila ou refúgio na via
 10 Transitando pelo direito da faixa de rodagem
 11 Transitando pelo esquerdo da faixa de rodagem
 12 Transitando pelo bermo ou passeio

6. UTILIZAÇÃO DE MATERIAL REFLETOR

- a b c d
 1 Sim
 2 Não

7. GRAVIDADE DAS LESÕES

- a b c d
 1 Morto
 2 Ferido grave
 3 Ferido leve

DATA / /
 Número de boletins utilizados neste acidente
 Nome
 (Posto)

6.4. Exemplo conjunto de dados fornecidos pela ANSR para o ano 2005

Acidentes com vítimas no concelho de Lisboa, 2005

Freguesia	Data/hora	Localizações	Via/Arruamento	Km	Mortos	Feridos graves	Feridos leves	Natureza	Luminosidade	Factores Atmosféricos
Alto do Pina	2005:01:01 02:00:00	Dentro das localidades	R. MORAIS SOARES		0	1	0	Colisão traseira com outro veículo em movimento	Noite, com iluminação	Bom tempo
Campo Grande	2005:01:01 08:35:00	Dentro das localidades	AV. BRASIL		0	0	2	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Em pleno dia	Bom tempo
São Francisco Xavier	2005:01:01 18:40:00	Fora das localidades	A5	3,300	0	0	1	Despiste com capotamento	Noite, com iluminação	Bom tempo
Carnide	2005:01:01 22:00:00	Dentro das localidades	AV. CIDADE BRAGA		0	0	1	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Noite, com iluminação	Bom tempo
São João de Brito	2005:01:01 22:05:00	Dentro das localidades	AV. ROMA		0	0	2	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Noite, com iluminação	Bom tempo
Alcântara	2005:01:01 23:30:00	Dentro das localidades	AV. CEUTA		0	0	2	Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral	Noite, com iluminação	Bom tempo
Santa Maria dos Olivais	2005:01:02 04:40:00	Dentro das localidades	PÇ BADEM POWER		0	0	1	Despiste simples	Noite, com iluminação	NÃO DEFINIDO
São Vicente de Fora	2005:01:02 10:15:00	Dentro das localidades	R. DIOGO COUTO		0	1	0	Colisão traseira com outro veículo em movimento	Em pleno dia	Bom tempo
São João	2005:01:02 15:20:00	Dentro das localidades	AV. MOUZINHO DE ALBUQUERQUE		0	0	1	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Em pleno dia	Bom tempo
Benfica	2005:01:02 15:30:00	Dentro das localidades	ESTR. CIRCUNVALAÇÃO		0	0	1	Atropelamento com fuga	Em pleno dia	Bom tempo
Coração de Jesus	2005:01:02 18:00:00	Dentro das localidades	PÇ MARQUES DE POMBAL		0	0	1	Atropelamento de peões	Noite, com iluminação	Bom tempo
São Jorge de Arroios	2005:01:03 09:30:00	Dentro das localidades	R. ANTONIO PEREIRA CARRILHO		0	1	0	Atropelamento com fuga	Em pleno dia	Bom tempo
Alcântara	2005:01:03 15:30:00	Fora das localidades	A5	0,300	0	0	1	Colisão choque em cadeia	Em pleno dia	Bom tempo
São Mamede	2005:01:03 16:05:00	Dentro das localidades	LG. DO RATO		0	1	0	Atropelamento de peões	Em pleno dia	Bom tempo
Lapa	2005:01:03 17:00:00	Dentro das localidades	R. SANTANA LAPA		0	0	1	Despiste simples	Em pleno dia	Bom tempo
Ameixoeira	2005:01:04 01:10:00	Dentro das localidades	CÇ CARRICHE		0	0	1	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Noite, com iluminação	Bom tempo
Marvila	2005:01:04 09:15:00	Dentro das localidades	AV. INF. D. HENRIQUE		0	0	2	Colisão traseira com outro veículo em movimento	Em pleno dia	Bom tempo
Nossa Senhora de Fátima	2005:01:04 10:55:00	Dentro das localidades	AV. ALVARO PAIS		0	0	1	Colisão frontal	Em pleno dia	Bom tempo
Nossa Senhora de Fátima	2005:01:04 12:50:00	Dentro das localidades	AV. REPUBLICA		0	0	1	Atropelamento de peões	Em pleno dia	Bom tempo
Santa Maria dos Olivais	2005:01:04 12:55:00	Dentro das localidades	PÇ JOSE QUEIROZ		0	0	1	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Em pleno dia	Bom tempo
Lumiar	2005:01:04 13:30:00	Dentro das localidades	AL. LINHAS TORRES		0	0	1	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Em pleno dia	Bom tempo
Alcântara	2005:01:04 15:30:00	Dentro das localidades	AV. INDIA		0	0	2	Colisão lateral com outro veículo em movimento	Em pleno dia	Bom tempo
Coração de Jesus	2005:01:04 15:30:00	Dentro das localidades	AV. LIBERDADE/ALEXANDRE HERCULANO		0	0	2	Colisão choque em cadeia	Em pleno dia	Bom tempo
Mercês	2005:01:04 16:00:00	Dentro das localidades	CALÇADA DO COMBRO		0	0	1	Colisão frontal	Em pleno dia	Bom tempo
São João de Deus	2005:01:04 16:40:00	Dentro das localidades	AV. ALM. GAGO COUTINHO		0	1	0	Atropelamento de peões	Em pleno dia	Bom tempo
São Vicente de Fora	2005:01:05 07:35:00	Dentro das localidades	R. LEITE DE VASCONCELOS		0	0	1	Atropelamento com fuga	Em pleno dia	Bom tempo

6.5. Cálculo ISRM

Estrada	Índice de Gravidade										IMSR							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Avenida General Norton de Matos	5,40	3,95	2,65	3,92	4,44	5,28	5,26	2,52	3,76	2,79	2,35	2,32	2,63	3,17	3,40	2,58	2,39	2,03
Avenida Infante Dom Henrique	7,01	6,62	6,93	2,18	2,08	3,25	2,88	2,74	3,14	1,83	4,54	2,98	1,94	1,78	1,90	1,90	1,97	1,60
Eixo Norte-Sul	0,47	0,22	0,16	1,26	2,12	4,20	3,45	3,15	4,34	0,00	0,15	0,48	1,00	2,01	2,31	2,27	2,52	1,30
Avenida Vinte e Quatro de Julho	4,44	3,46	2,13	1,50	4,03	1,24	2,53	2,39	1,18	1,71	1,96	1,35	1,91	1,46	1,56	1,49	1,20	1,09
Auto-Estrada 5	2,30	1,37	2,47	2,94	3,32	2,95	3,01	1,65	1,33	0,15	1,38	1,67	2,03	2,04	2,02	1,54	1,14	0,52
Avenida de Berlim	1,50	1,71	1,96	1,51	1,35	2,44	1,63	1,00	1,34	1,08	1,19	1,12	1,00	1,28	1,23	0,96	0,85	0,76
Avenida da República	1,29	2,22	1,05	1,24	0,88	1,37	1,28	1,34	1,70	1,30	0,98	0,89	0,68	0,79	0,82	0,88	1,00	0,95
Avenida Marechal Craveiro Lopes	2,21	1,51	1,75	0,45	1,09	4,62	2,24	0,89	3,28	1,15	1,16	0,70	0,65	1,83	1,88	1,30	1,54	1,20
Avenida Almirante Reis	2,45	2,21	1,86	0,93	1,12	1,55	0,88	2,19	1,39	0,39	1,38	0,96	0,78	0,87	0,76	1,09	1,04	0,68
Avenida da Índia	2,55	6,52	1,97	0,92	1,28	1,72	2,04	1,55	1,38	0,79	2,37	1,46	0,85	0,96	1,20	1,15	1,03	0,74
Estrada de Benfica	0,78	1,10	1,05	0,73	1,46	1,20	1,22	0,64	1,11	0,57	0,68	0,60	0,76	0,80	0,83	0,61	0,65	0,50
Avenida Almirante Gago Coutinho	3,72	2,80	1,30	0,45	1,18	1,36	0,91	1,52	0,54	0,78	1,46	0,74	0,64	0,76	0,73	0,86	0,61	0,55
Avenida Padre Cruz	2,57	1,03	1,05	0,90	0,81	1,23	1,03	0,85	0,57	1,43	0,86	0,64	0,58	0,69	0,70	0,65	0,49	0,70
Avenida Lusíada	0,99	1,36	2,04	0,95	1,03	1,12	1,80	0,84	1,20	0,66	1,09	0,92	0,78	0,70	0,96	0,80	0,78	0,58
Avenida Marechal Gomes da Costa	1,56	2,16	1,23	2,19	1,19	0,74	1,89	0,82	1,04	0,89	1,06	1,24	0,99	0,75	0,92	0,77	0,73	0,62
Avenida da Liberdade	3,13	0,84	1,17	0,61	1,41	0,69	0,89	0,67	0,74	1,17	0,92	0,55	0,73	0,61	0,60	0,50	0,49	0,63
Calçada de Carriche	1,29	3,18	1,33	0,88	0,98	0,76	0,58	0,91	0,97	0,45	1,28	0,94	0,67	0,57	0,47	0,51	0,59	0,46
Avenida de Ceuta	2,29	1,15	1,86	0,56	0,60	1,62	1,99	0,89	0,85	1,87	1,12	0,72	0,53	0,73	1,09	0,91	0,70	0,91
Avenida Fontes Pereira de Melo	2,03	0,86	1,16	0,51	0,78	1,00	0,45	1,70	0,64	0,78	0,80	0,52	0,50	0,56	0,46	0,78	0,64	0,59
Avenida do Brasil	1,78	0,85	0,99	0,51	1,46	1,77	0,54	0,48	1,09	0,74	0,71	0,48	0,71	0,97	0,73	0,47	0,53	0,54
Avenida Engenheiro Duarte Pacheco	0,57	0,52	1,01	0,53	1,27	0,57	0,70	0,82	0,70	0,75	0,51	0,46	0,65	0,53	0,50	0,49	0,49	0,49
Avenida D. João II	2,94	1,16	0,56	0,73	1,61	0,74	0,60	0,39	0,71	0,58	0,77	0,49	0,76	0,68	0,54	0,34	0,39	0,39
Ponte 25 de Abril	1,29	2,29	1,24	0,64	0,66	0,42	1,92	0,56	0,39	0,00	1,06	0,74	0,50	0,36	0,81	0,66	0,46	0,15
Avenida Calouste Gulbenkian	0,84	0,73	0,76	0,55	0,69	0,90	0,45	0,83	1,49	0,31	0,51	0,43	0,43	0,51	0,42	0,47	0,73	0,52
Rua de Campolide	0,56	0,49	0,51	0,74	0,64	0,61	0,76	0,54	0,63	0,42	0,34	0,41	0,43	0,43	0,46	0,41	0,41	0,34