

MESTRADO
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

David Marcelo Duarte Lourenço

M

2019



David Marcelo Duarte Lourenço

Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor António Alberto Teixeira Gomes e coorientada pela Professora Doutora Patrícia Catarina dos Reis Macedo Abrantes

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Setembro de 2019

Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

David Marcelo Duarte Lourenço

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, orientada pelo Professor Doutor António Alberto Teixeira Gomes e coorientada pela Professora Doutora Patrícia Catarina dos Reis Macedo Abrantes

Membros do Júri

Professora Doutora Laura Maria Pinheiro Soares
Faculdade de Letras – Universidade do Porto

Professora Doutora Sara Maria Pinho Ferreira
Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto

Professor Doutor António Alberto Teixeira Gomes
Faculdade de Letras – Universidade do Porto

Classificação obtida: 18 valores

Índice

Declaração de Honra	9
Agradecimentos	11
Resumo	13
Abstract.....	15
Índice de Figuras	17
Índice de Quadros.....	21
Índice de Siglas.....	23
1. Introdução.....	25
1.1. Enquadramento	25
1.2. Objetivos.....	26
1.3. Conteúdo.....	26
2. Sinistralidade e Segurança Rodoviária	29
2.1. Enquadramento	29
2.2. Panorama da Sinistralidade na Europa e em Portugal	32
2.3. Estratégias e Planos de Segurança Rodoviária em Portugal.....	36
3. Zonas de Acumulação de Acidentes.....	41
3.1. Enquadramento	41
3.2. Identificação de Zonas de Acumulação de Acidentes	42
3.3. Sistemas de Informação Geográfica Aplicados à Sinistralidade	44
4. Mobilidade no Porto	49
4.1. Enquadramento	49
4.2. Panorama da Sinistralidade no Porto	56
4.3. A Câmara Municipal e a Segurança Rodoviária.....	57

5. Aquisição, Tratamento e Interpretação de Dados.....	65
5.1. Dados de Sinistralidade	65
5.2. Dados de Tráfego.....	89
5.3. Zonas de Acumulação de Acidentes	94
6. Propostas de Intervenção Municipal.....	101
7. Considerações Finais	113
7.1. Conclusões	113
7.2. Trabalhos Futuros	115
Referências Bibliográficas.....	117
Anexos.....	121
Anexo I – Atributos da base de dados fornecida pela CMP	123
Anexo II – Acidentes com vítimas por hora (2015-2017).....	127
Anexo III – Arruamentos da cidade do Porto	135

Declaração de Honra

Declaro que a presente dissertação é de minha autoria e não foi utilizada previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referência. Tenho consciência de que a prática de plágio e autoplágio constitui um ilícito académico.

Porto, 01 de setembro de 2019

David Marcelo Duarte Lourenço

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Alberto Gomes, pela sinceridade com que dirige o curso, encorajando os alunos a serem curiosos. Foi, acima de tudo, a curiosidade que me levou inicialmente a ingressar neste mestrado, pelo que me motivou imenso ser aluno e orientando de alguém que valoriza de igual forma essa qualidade.

À Professora Doutora Patrícia Abrantes, pela disponibilidade demonstrada, tanto ao longo das aulas, no primeiro ano, como ao longo da realização desta tese, no segundo ano. Com paciência e clareza, transmitiu-me conhecimento que serviu de catalisador para a idealização e para a concretização deste tema.

À Câmara Municipal do Porto, que cedeu os dados aqui utilizados e onde tenho a honra de trabalhar. Poder contribuir todos os dias para melhorar a qualidade de vida de quem passa ou vive na cidade em que nasci é algo de que me orgulho imenso. Aos meus colegas, pela partilha e pelo altruísmo, em especial ao Bruno Eugénio.

À Sara Fernandes, por me apoiar e inspirar a ser melhor em tudo o que faço. Ao Henrique Barata, por me acompanhar há anos sem reservas. Ao Marcos Oliveira, André Gonçalves, Pedro Castro, Pedro Dias, Liliana Pereira e Carla Azevedo, um grande bloco de amigos. Ao Júlio Ricardo e ao Tiago Reis, pelo companheirismo nesta etapa.

Ao meu pai, Marcelo, porque é um exemplo de integridade e me impulsiona a evitar qualquer zona de conforto, à minha mãe, Graça, porque é um barómetro de equilíbrio e de compreensão, e ao meu irmão, Gonçalo, porque encara qualquer desafio com frontalidade.

Resumo

A sinistralidade rodoviária é uma das dez principais causas de morte a nível global, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), acarretando, assim, impactos económicos e sociais graves. Os seus motivos são diversos e as estratégias, leis e planos elaborados ao longo das últimas décadas para contrariar este flagelo também. A importância de estudar a distribuição territorial da sinistralidade rodoviária, especialmente em contexto urbano, onde as estatísticas têm piorado à medida que as cidades crescem e as necessidades de mobilidade se multiplicam, é incontornável. Neste trabalho foi adquirida uma base de dados dos acidentes ocorridos dentro do Porto entre 2015 e 2017, que se organizou num Sistema de Informação Geográfica (SIG) de forma a possibilitar a elaboração de mapas temáticos que revelaram várias facetas do fenómeno. Esses dados foram, posteriormente, utilizados para identificar Zonas de Acumulação de Acidentes (ZAAs), com recurso a métodos de engenharia de tráfego, como o coeficiente de risco austríaco, ou a funções de análise espacial, como a técnica *hot spot* e a estimativa de densidade kernel, que foi a mais esclarecedora. Em conjunto com dados de tráfego recolhidos junto da Câmara Municipal do Porto (CMP), tal como os dados de sinistralidade, foi possível quantificar a relação direta entre a frequência de acidentes com vítimas e o volume de tráfego, verificar a sua distribuição temporal e geográfica, visualizar a concentração da sinistralidade em arruamentos com maior função de distribuição na rede viária, compreender a escala da vulnerabilidade dos modos suaves e propor medidas de intervenção que, através da definição de prioridades estratégicas e de alterações na infraestrutura, podem contribuir para uma mobilidade mais segura.

Palavras-chave:

Sinistralidade rodoviária

Sistemas de Informação Geográfica

Análise espacial

Gestão de tráfego

Abstract

Road accidents are among the top ten causes of death worldwide, according to the World Health Organization (WHO), which entails serious economic and social impacts. Its' motives are diverse, as are the strategies, laws and plans written over the decades to counter this problem. The significance of studying the territorial distribution of road accidents, especially in an urban context, where the statistics have worsened as cities have grown and the people's mobility needs have multiplied, is incontrovertible. A database of road accidents that took place in Porto between 2015 and 2017 was acquired in this thesis and organized in a Geographic Information System (GIS) in a way that facilitated the creation of thematic maps. These maps revealed several different facets of the phenomenon. The data was, then, used to identify accident black spots, resorting to traffic engineering methods, like the Austrian definition, or functions of spatial analysis, like the hot spot technique or the kernel density estimation, which turned out to be the most enlightening. Paired with traffic data spared by the Municipality of Porto, just like the road accidents data, it was possible to quantify the direct relationship between the accidents with victims' frequency and the traffic volume, to verify their temporal and geographic distribution, to visualize the concentration of accidents in streets more important for through traffic movement, to understand the scale of the vulnerability of soft modes of transport and to propose intervention measures which, through the definition of strategic priorities and infrastructural improvements, may contribute to a safer mobility.

Keywords:

Traffic accidents

Geographic Information Systems

Spatial analysis

Traffic management

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema ITS (Adaptado de: <i>European Telecommunications Standards Institute</i>).....	31
Figura 2: Causas da sinistralidade rodoviária.....	32
Figura 3: Mortos em acidentes/100 mil habitantes (Adaptado de: Organização Mundial de Saúde)	33
Figura 4: Evolução da mortalidade em acidentes na União Europeia (Adaptado de: CE)	34
Figura 5: Veículos intervenientes em acidentes em Portugal no ano 2017 (Adaptado de: ANSR)	35
Figura 6: Matriz de Haddon da ENSR (Fonte: ANSR).....	37
Figura 7: Mortos/milhão de habitantes em 2014 (Fonte: PENSE).....	38
Figura 8: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com vítimas mortais em Mashaad (Adaptado de: Shafabakhsh <i>et al.</i> (2017)).....	45
Figura 9: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com vítimas graves ou leves em Mashaad (Adaptado de: Shafabakhsh <i>et al.</i> (2017)).....	45
Figura 10: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com danos materiais em Mashaad (Adaptado de: Shafabakhsh <i>et al.</i> (2017)).....	46
Figura 11: ZAAs em Surakarta recorrendo à estimativa de densidade kernel	47
Figura 12: ZAAs em Surakarta recorrendo à análise <i>hot spot</i>	47
Figura 13: Áreas de urgente, alta e média prioridade de tratamento no Porto (Ferreira, 2002).....	48
Figura 14: Jurisdição da via pública no Porto	50
Figura 15: Vias radiais no Porto (Babo <i>et al.</i> , 2019).....	51
Figura 16: Carta de Hierarquia da Rede Rodoviária do Plano Diretor Municipal do Porto	51
Figura 17: Distribuição das deslocações no Porto por meio de transporte (Fonte: INE).....	52
Figura 18: Expansão da rede do Metro do Porto (Fonte: Metro do Porto).....	53
Figura 19: Corredores BUS no Porto	54

Figura 20: Acidentes com vítimas a 24h no distrito do Porto (Fonte: ANSR).....	56
Figura 21: Estrutura da DMMT (Fonte: Despacho n.º 8537/2018).....	58
Figura 22: Aplicabilidade dos diferentes tipos de intersecções (Fonte: Costa <i>et al.</i> (2008))	59
Figura 23: Sinalização luminosa automática de trânsito do Porto (Fonte: CMP)	60
Figura 24: Sistema de videovigilância de tráfego do Porto (Fonte: CMP)	61
Figura 25: Acidentes rodoviários no Porto – Total	66
Figura 26: Acidentes rodoviários no Porto – Acidentes com vítimas	69
Figura 27: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Atropelamentos.....	71
Figura 28: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Colisões	73
Figura 29: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Despistes.....	74
Figura 30: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Outras tipologias.....	75
Figura 31: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com vítimas mortais	76
Figura 32: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com feridos graves.....	76
Figura 33: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com feridos leves.....	77
Figura 34: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Índice de gravidade.....	78
Figura 35: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por problemas mecânicos ...	80
Figura 36: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por mau pavimento.....	80
Figura 37: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por excesso de velocidade..	81
Figura 38: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por excesso de álcool.....	81
Figura 39: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por condução perigosa.....	82
Figura 40: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por intensidade do vento	84
Figura 41: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por intensidade da chuva....	84
Figura 42: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com veículos ligeiros.....	86
Figura 43: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com veículos pesados	86
Figura 44: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com motociclos e ciclomotores	87
Figura 45: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com velocípedes	87
Figura 46: Fotograma de vídeo dos acidentes com vítimas por hora (19:05 às 20:05)..	88
Figura 47: Relação entre os acidentes com vítimas e o volume de tráfego.....	91

Figura 48: Tráfego médio diário anual no Porto	93
Figura 49: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com vítimas	95
Figura 50: Estimativa de densidade kernel – Índice de Gravidade	95
Figura 51: Análise <i>hot spot</i> – Índice de Gravidade	96
Figura 52: Coeficiente de risco.....	98
Figura 53: Zonas de acumulação de acidentes no Porto.....	99
Figura 54: Fluxograma de trabalho	100
Figura 55: Estimativa de densidade kernel – Atropelamentos com vítimas.....	102
Figura 56: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com motociclos e ciclomotores	103
Figura 57: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com velocípedes	104
Figura 58: Proposta de zona 30km/h em Guerra Junqueiro	105
Figura 59: Propostas de ZAACs.....	106
Figura 60: Zonas de acumulação de acidentes e SLAT.....	107
Figura 61: Zonas de acumulação de acidentes e SVT	108
Figura 62: Proposta de PMV na Avenida da AEP	109
Figura 63: Proposta de PMV na Rua de Faria Guimarães.....	109
Figura 64: Interseção Rua de Roberto Frias / Rua do Dr. Plácido da Costa	110
Figura 65: Interseção Rua do Campo Alegre / Beco do Campo Alegre.....	110

Índice de Quadros

Quadro 1: Automóveis em circulação entre 2010 e 2017 (Fonte: INE).....	29
Quadro 2: Escala AIS	38
Quadro 3: Índices de Sinistralidade Rodoviária Municipal em 2007 (Fonte: ANSR) ...	39
Quadro 4: Ponto negros no distrito do Porto de 2015 (Fonte: ANSR).....	44
Quadro 5: Arruamentos com mais acidentes – 2015	67
Quadro 6: Arruamentos com mais acidentes – 2016.....	67
Quadro 7: Arruamentos com mais acidentes – 2017	68
Quadro 8: Arruamentos com mais acidentes – Total	68
Quadro 9: Acidentes com vítimas por hora	89
Quadro 10: Distribuição do volume de tráfego por hora.....	90
Quadro 11: TMDA – Fatores	92

Índice de Siglas

AISR – Avaliação do Impacto Sobre a Segurança
AML – Área Metropolitana de Lisboa
AMP – Área Metropolitana do Porto
ANSR – Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária
ASR – Auditoria de Segurança Rodoviária ao Projeto de Estradas
BEAV – Boletim Estatístico de Acidentes de Viação
CAAQ – Corredor de Autocarros de Alta Qualidade
CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal
CCTV – *Closed-Circuit Television* (Circuito Fechado de Televisão)
CE – Comissão Europeia
CGI – Centro de Gestão Integrada
CMP – Câmara Municipal do Porto
GNR – Guarda Nacional Republicana
GSR – Gestão da Segurança da Rede
HPM – Hora de Ponta da Manhã
HPT – Hora de Ponta da Tarde
HSM – *Highway Safety Manual* (Manual de Segurança Rodoviária)
IG – Índice de Gravidade
IMT – Instituto da Mobilidade e dos Transportes
INE – Instituto Nacional de Estatística
IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISR – Inspeção de Segurança Rodoviária
ISRM – Índice de Sinistralidade Rodoviária Municipal
ITS – *Intelligent Transport Systems* (Sistemas de Transporte Inteligentes)
OMS – Organização Mundial de Saúde
PDM – Plano Diretor Municipal
PM – Polícia Municipal

PMV – Painéis de Mensagem Variável
PRN – Plano Rodoviário Nacional
PSP – Polícia de Segurança Pública
RST – Regulamento de Sinalização de Trânsito
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SLAT – Sinalização Luminosa Automática de Trânsito
STCP – Sociedade de Transportes Coletivos do Porto
TMDA – Tráfego Médio Diário Anual
TMDM – Tráfego Médio Diário Mensal
UE – União Europeia
uvle – Unidade de veículos ligeiros equivalente
ZAA – Zona de Acumulação de Acidentes
ZAAC – Zona de Acesso Automóvel Condicionado

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A mobilidade tem cada vez mais destaque na sociedade, especialmente em contexto urbano. O aumento da utilização dos transportes públicos nas áreas metropolitanas, o surgimento de novos serviços, a expansão do mercado dos carros elétricos, o advento dos carros autónomos, a aposta em modos suaves, a evolução tecnológica das vias e veículos ou a transformação das cidades para melhorar as suas acessibilidades são fatores que denotam uma preocupação, técnica e política, cada vez maior com as múltiplas necessidades de circulação de pessoas e veículos, cidadãos e visitantes.

As alterações de paradigmas e as inovações que se têm verificado nesta área nos últimos anos podem e devem ser orientadas para a redução da consequência mais gravosa das nossas deslocações no espaço público: a sinistralidade rodoviária. A quantidade de vítimas mortais a nível mundial continua a aumentar, tendo chegado a 1.350.000 em 2016 (OMS, 2018). Apesar da elaboração de estratégias, leis e planos voltados para a resolução deste problema, a nível europeu essa estatística tem estagnado, o que dificultará o cumprimento das diretrizes comunitárias (CE, 2018c).

À medida que as cidades crescem, também os acidentes se tornam mais numerosos (Archer e Vogel, 2000). É, então, imperioso estudar a sinistralidade rodoviária no meio urbano, caracterizando-a convenientemente sob vários aspetos, tais como a tipologia, as vítimas, os motivos, os veículos envolvidos ou a sua relação com o tráfego. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) assumem-se como o melhor aliado para a interpretação da distribuição pelo território desta realidade. A partir da análise espacial dos dados recolhidos, poderão ser tomadas melhores decisões e implementadas melhores soluções.

1.2. Objetivos

A definição de uma metodologia fiável, consistente e baseada em análise espacial de identificação de Zonas de Acumulação de Acidentes (ZAAs) assume-se como o principal fim que se pretende atingir com esta dissertação.

Para tal, é necessário obter registos com expressividade temporal suficiente para ser viável estudar a variabilidade do fenómeno. Tendo em conta o seu crescimento em ambiente urbano, o foco recairá sobre a cidade do Porto.

Pelo caminho, consoante o detalhe da descrição de cada ocorrência, será essencial quantificar a expressividade geográfica da sinistralidade consoante as suas várias facetas e elaborar mapas representativos.

As conclusões que forem possíveis retirar da visualização dos dados e da análise espacial, servirão para efetuar propostas de intervenção municipal, com base nas boas práticas vigentes e na realidade específica das ZAAs detetadas e da cidade do Porto.

1.3. Conteúdo

A estrutura deste documento contempla 7 capítulos distintos, a começar com a introdução, que explora as circunstâncias que levaram à sua realização, passando pelos objetivos, onde se descreve as tarefas delineadas, e chegando a esta descrição do conteúdo.

No capítulo seguinte, aborda-se a sinistralidade e a segurança rodoviária – as causas típicas, a escala dos números na Europa e em Portugal e as ações concertadas que se têm empreendido para combater o fenómeno.

As ZAAs são o foco do terceiro capítulo. Há vários métodos estatísticos que permitem a sua identificação e alguns precedentes de análises com uma base geográfica que importa referir.

Ainda em fase de revisão do estado de arte, pinta-se um quadro geral da mobilidade na cidade do Porto à data, dos projetos em curso, da sinistralidade, e da atuação da Câmara Municipal na área da segurança rodoviária.

De seguida, expõe-se a metodologia de trabalho adotada para tratar os dados de acidentes fornecidos pelo município, efetua-se uma caracterização detalhada com recurso a mapas temáticos, e avança-se para a identificação de ZAAs com funções de análise espacial.

No capítulo 6 concebem-se linhas orientadoras para a execução de projetos ou planos que podem contribuir para reduzir o problema em pontos críticos da rede viária ou promover uma mobilidade mais sustentável, mais segura e com mais alternativas.

Por fim, tendo em conta todas as dimensões do tema abordadas anteriormente, a parte experimental desenvolvida e as possibilidades de melhoria, retiram-se conclusões e ideias para trabalhos futuros.

2. Sinistralidade e Segurança Rodoviária

2.1. Enquadramento

A engenharia de tráfego pode ser definida como o estudo do movimento de pessoas e mercadorias enquanto reflexo de várias atividades/condições e enquanto fator preponderante na perceção da qualidade de vida. Tem como objetivo o planeamento, o dimensionamento, a otimização e a manutenção de um sistema viário para se proporcionar uma acessibilidade eficiente e se atingir uma mobilidade segura (Costa *et al.*, 2008).

Os veículos utilizados nas deslocações são classificados como automóveis, motociclos, ciclomotores, triciclos, quadriciclos, agrícolas ou outros, pelo Código da Estrada (1994). Os automóveis possuem motor de propulsão, pelo menos 4 rodas e tara superior a 550kg. Podem dividir-se entre ligeiros (peso bruto até 3500kg ou até 9 lugares) ou pesados (quando ultrapassados os critérios anteriores). Dados do Instituto Nacional de Estatística (INE) denotam a existência de 6.447.241 automóveis em 2017 em Portugal (Quadro 1).

Quadro 1: Automóveis em circulação entre 2010 e 2017 (Fonte: INE)

Ano	Total	Automóveis ligeiros	Automóveis pesados
2010	6.182.106	6.049.889	132.217
2011	6.181.188	6.054.508	126.680
2012	5.556.041	5.450.699	105.342
2013	5.615.073	5.512.858	102.215
2014	6.095.506	5.982.096	113.410
2015	6.083.694	5.970.710	112.984
2016	6.208.350	6.095.470	112.880
2017	6.447.241	6.325.855	121.386

O automóvel ligeiro é o modo preferencial de transporte no país. No inquérito à mobilidade de 2017 nas Áreas Metropolitanas do Porto (AMP) e Lisboa (AML) realizado pelo INE (2018b), verifica-se que este foi utilizado em 67,6% das deslocações na AMP e em 58,9% das deslocações na AML, considerando todos os dias da semana em geral. Segundo o *Statistical Pocketbook 2018 – EU Transport in Figures* da Comissão Europeia (2018c), a percentagem nacional é de 88,2%, acima da média europeia de 79,6%.

A proliferação dos transportes motorizados acarretou a necessidade de se estabelecer uma rede organizada de estradas, que pudesse oferecer boas condições de circulação e encurtar os tempos de viagem. Em 1944 foi publicado o Plano Rodoviário Nacional (PRN) e, um ano depois, a versão corrigida e definitiva do mesmo (1945). Nesse documento, reconhece-se o desenvolvimento do tráfego automóvel e os seus impactos sociais, financeiros e ambientais.

Tanto no primeiro PRN, como no segundo (1985), como no terceiro (2000), atualmente em vigor, está subjacente a expansão da rede, composta por vias com diferentes características, consoante a sua importância. A versão intermédia introduz o conceito de níveis de serviço, a que correspondem regimes de escoamento de tráfego com condições de circulação entre A (muito bom) e F (congestionamento). A versão mais recente demonstra maior preocupação com a ocupação do solo e com a cobertura territorial.

O ser humano, enquanto utilizador, condiciona a conceção dos veículos e das vias (Oliveira e Mateus, 1970). Num condutor, tem de ser considerada a zona de perfeita visibilidade (dentro de um ângulo central de 3 a 6°), o campo de visão periférica (que reduz de 100° quando se circula a 40km/h, para apenas 36° a 100km/h) e o tempo de reação (período despendido entre a identificação de um estímulo e o momento de iniciação de resposta a esse estímulo, que pode variar entre 0,5s e 3-4s).

Num peão, é relevante compreender o espaço necessário para a circulação e a velocidade da mesma. Para garantir acessibilidades, o desenho da rua deve ser funcional e inclusivo.

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 163/2006 (2006) veio impor critérios de dimensionamento para a largura útil dos passeios, a inclinação de rampas, entre outras matérias, considerando pessoas com mobilidade reduzida. Quanto à velocidade, pode-se tomar como valor genérico de referência 1,2m/s (TRB, 2000).

Também as condições meteorológicas e as condições de gestão, fiscalização e monitorização têm influência no funcionamento de um sistema de transportes. Por exemplo, as propriedades hídricas e térmicas de uma região determinam a escolha da mistura betuminosa usada num pavimento rodoviário (JAE, 1995). Ao mesmo tempo, uma infraestrutura abrangente de *Intelligent Transport Systems* (ITS) permite controlar uma rede através de dispositivos e tecnologias unidos pela telemática (Figura 1).

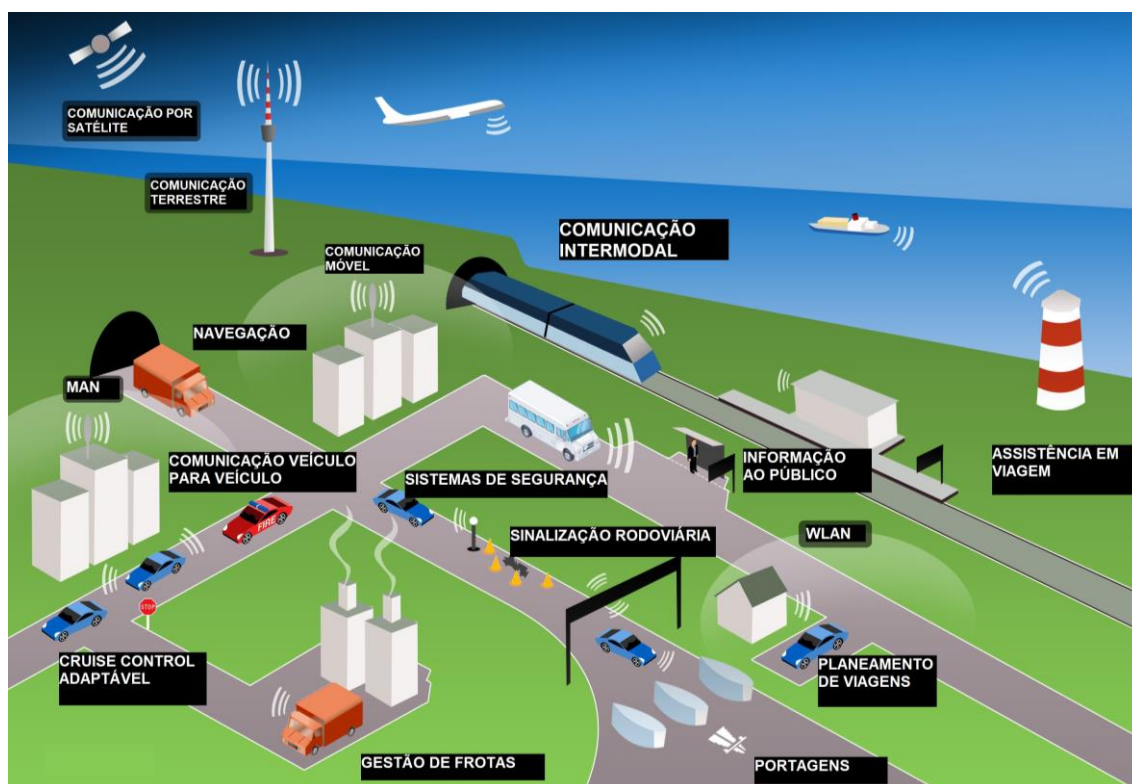


Figura 1: Esquema ITS (Adaptado de: *European Telecommunications Standards Institute*)

Os ITS são uma componente incontornável do meio rodoviário moderno. Constituídos por vários subsistemas, como a sinalização luminosa, a sinalização de mensagem

variável, a videovigilância ou os mais variados tipos de sensores, que podem comunicar entre si, com os veículos e com um ponto de acesso comum, os ITS coletam, transmitem e analisam informação que pode, *a posteriori*, servir para otimizar a rede e prestar informação aos utentes das vias (UE, 2010).

Estas cinco variáveis (Figura 2) influenciam os objetos de estudo desta área, desde os fluxos de tráfego à geometria das vias, passando pelos mais diversos equipamentos. Com base nas mesmas, são delineadas estratégias, elaborados projetos e implementadas soluções para se conciliar todas as necessidades de mobilidade, nas melhores condições de proteção possíveis. Assim, em larga medida, a segurança rodoviária é o início e o fim da engenharia de tráfego e a sinistralidade o seu principal barómetro.

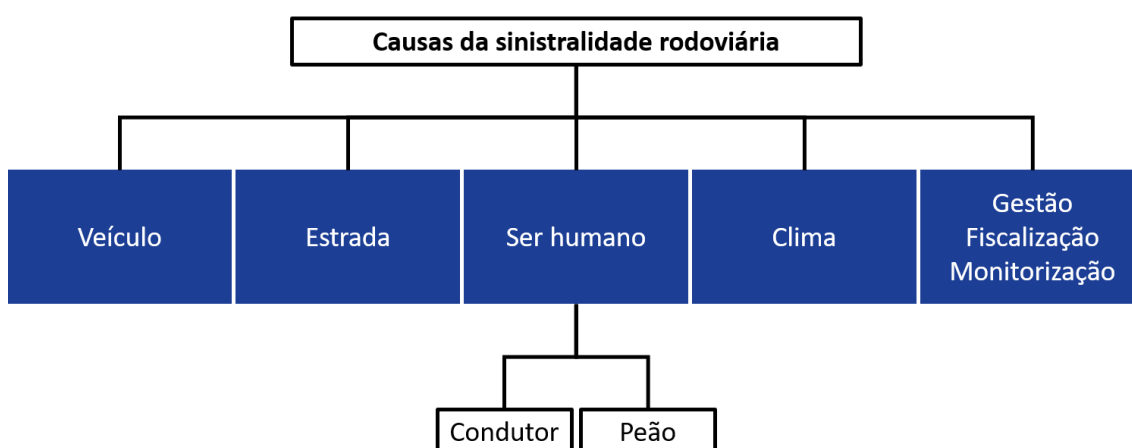


Figura 2: Causas da sinistralidade rodoviária

2.2. Panorama da Sinistralidade na Europa e em Portugal

Segundo o *Annual Accident Report 2018* da Comissão Europeia – CE (2018a), os acidentes rodoviários nos estados membros ceifaram 25.792 vidas e feriram mais de 1.400.000 pessoas em 2016. Apesar da dimensão dos números, as estradas europeias foram as mais seguras do mundo nesse mesmo ano (Figura 3) – aproximadamente 9,3

mortos por cada 100.000 habitantes à escala continental, por oposição a aproximadamente 18,2 mortos por cada 100.000 habitantes à escala global (OMS, 2018).

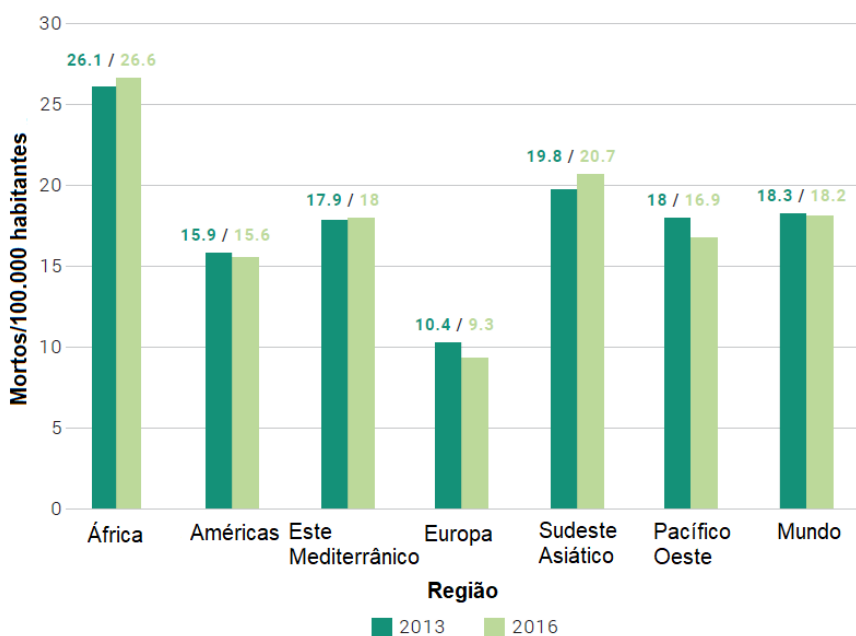


Figura 3: Mortos em acidentes/100 mil habitantes (Adaptado de: Organização Mundial de Saúde)

A adoção do Programa de Segurança Rodoviária 2011-2020 pela CE no início da década estabeleceu como fim a diminuição em 50% das mortes em acidentes durante esse período, através de sete objetivos estratégicos: educação e formação dos condutores e peões, aumento da fiscalização, melhor infraestrutura, melhores veículos, promoção de tecnologias inteligentes, redução dos feridos e novas medidas para motociclistas (Júdice, 2015).

Graças às ações e iniciativas ao nível nacional e ao nível local que decorreram desse programa comunitário, como, por exemplo, a adesão ao Dia Europeu sem Mortos nas Estradas (projeto EDWARD), no qual se incentiva os utilizadores das vias a agirem com segurança redobrada e, se possível, a optarem por modos de transporte suaves, as fatalidades têm efetivamente reduzido. Ainda assim, a redução para metade é improvável, como se pode perceber pela Figura 4.

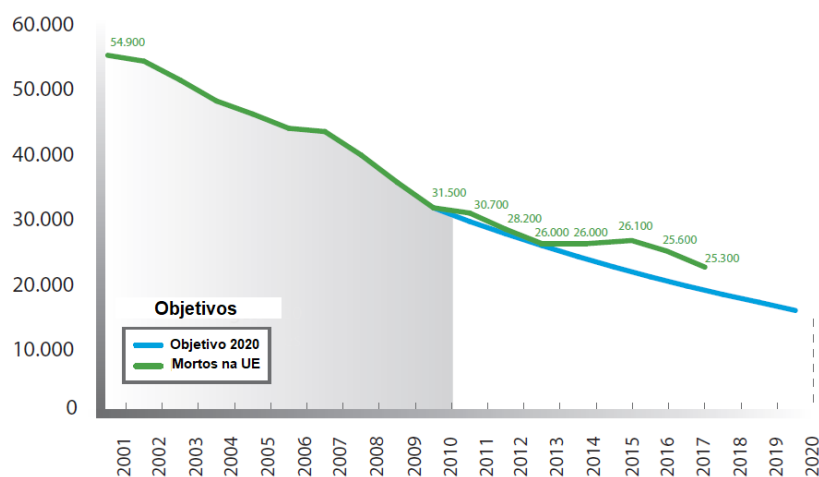


Figura 4: Evolução da mortalidade em acidentes na União Europeia (Adaptado de: CE)

Seja como for, o sucesso destas orientações políticas tem sido evidente, pelo que está em preparação uma estratégia para a próxima década, de 2020 a 2030. Num relatório publicado em 2018, propõe-se a definição de indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicators – KPI*) em vários campos (CE, 2018b), como o uso de capacetes por motociclistas ou a condução sem álcool ou drogas no organismo, para se atingir o objetivo maior de uma taxa de mortalidade zero em 2050 na União Europeia (UE).

Em 2016, 47% dos mortos registados deslocavam-se de carro, 22% eram peões, 14% circulavam em motociclos ou ciclomotores, 8% de bicicleta, e os restantes 9% noutros modos (CE, 2018a). Isto realça a predominância do uso do transporte privado, a necessidade de se continuar a apostar na segurança dos automóveis e a importância de oferecer alternativas, especialmente em meio urbano, onde é mais viável estabelecer redes de transporte público, condições para modos suaves e serviços alternativos de mobilidade.

Da totalidade de acidentes ocorridos no mesmo ano na UE, 53% ocorreram em vias rurais, 7,7% em autoestradas e 37,6% em vias urbanas, o que demonstra que as estradas mais secundárias das redes nacionais devem obedecer a princípios de segurança e estarem tão bem equipadas como tipicamente estão as autoestradas. Em simultâneo, é clara a dimensão da sinistralidade dentro das cidades. Apesar de serem ambientes mais consolidados e controlados, a percentagem é elevada.

Em Portugal, o planeamento e a observação da segurança rodoviária, em apoio técnico ao Governo, é efetuado pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR). Compete a este serviço a definição de políticas, a elaboração do Plano Nacional de Segurança Rodoviária (PNSR), a promoção de iniciativas, a publicação de estudos, bem como, a outro nível a aplicação das contraordenações previstas no Código da Estrada, que é a Lei que regula o trânsito.

A ANSR publica relatórios de sinistralidade com frequência mensal e anual, das vítimas a 24h e das vítimas a 30 dias. O que se verifica é que, apesar de os mortos nas estradas portuguesas terem reduzido entre 2008 e 2017, baixando de 721 para 488 nesse período, a variação no número de acidentes com vítimas nos últimos dez anos é pouco expressiva, tendo passado de 35.426 para 34.416. Já o aumento de acidentes com vítimas dentro das localidades tem aumentado, de 23.756 em 2008 para 26.810 em 2017.

No fundo, regista-se aproximadamente a mesma quantidade, mas a gravidade é inferior, o que pode ter uma relação direta com o aumento da sinistralidade dentro das localidades, reforçando a pertinência do estudo deste fenómeno. Simultaneamente, à medida que as pessoas procuram alternativas de mobilidade em relação aos veículos privados, nos veículos envolvidos em acidentes os velocípedes aumentaram de 3% para 3,8% e os motociclos/ciclomotores de 14% para 15,4% (Figura 5).

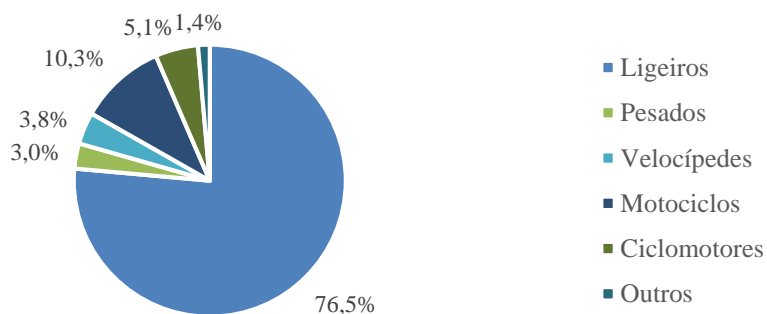


Figura 5: Veículos intervenientes em acidentes em Portugal no ano 2017 (Adaptado de: ANSR)

Abordando, por último, a questão do clima enquanto causa da sinistralidade rodoviária, e utilizando os dados dos mesmos relatórios da ANSR, denota-se que 83,6% dos acidentes com vítimas em 2017 ocorreram com bom tempo e apenas 13,1% com chuva. Isto indicia que as condições da infraestrutura, as características dos veículos e, indubitavelmente, o comportamento humano, tanto dos condutores como dos peões, terão mais impacto nos números globais do que as condições meteorológicas.

2.3. Estratégias e Planos de Segurança Rodoviária em Portugal

A sinistralidade é uma preocupação nacional que tem sido enquadrada por políticas de mitigação e de acompanhamento desde a década de 90. Entre 1998 e 2000, foram realizados anualmente Planos Integrados de Segurança Rodoviária (PISER), que tiveram um impacto positivo na sensibilização para a dimensão do problema, contudo não estabeleciam metas a atingir nem tinham estratégias definidas orientadas para resultados (Marques *et al.*, 2013).

Entre 2003 e 2010 vigorou o Plano Nacional de Prevenção Rodoviária (PNPR), que definia a educação contínua do utente, o ambiente rodoviário seguro e o quadro legal como as áreas estruturais de atuação, às quais estavam associados objetivos prioritários, com medidas concretas (2003). O seu sucesso foi relativo, visto que as intervenções propostas não foram convenientemente calendarizadas e orçamentadas, nem foram atribuídos responsáveis pela sua coordenação e execução (Marques *et al.*, 2013).

Posteriormente, foi elaborada a Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária (ENSR), um documento inovador pelo detalhe das ações chave, pelo envolvimento de vários atores, pelas estimativas monetárias claras e pelo estabelecimento de prazos e metas. O objetivo mais ambicioso prendia-se com alcançar em 2015 os 62 mortos/milhão de

habitantes, equivalente a uma redução de 31,9% relativamente a 2006 (ANSR, 2009a), algo que foi atingido, pois no final de 2015 contabilizaram-se 60 mortos/milhão.

A ENSR introduziu também uma matriz de Haddon adaptada à realidade da sinistralidade rodoviária em Portugal. Esta ferramenta é um paradigma do campo da prevenção de lesões, aplicada a vários campos da saúde pública, que foi orientada para os acidentes, tanto antes, durante e depois da sua ocorrência, elegendo intervenções consoante os fatores determinantes identificados, que, neste caso, estão intimamente ligados às causas da sinistralidade (Figura 6).

	FACTORES DETERMINANTES			
	Comportamento	Veículo e equipamento	Meio envolvente e Infra-estrutura	Sócio culturais e ambientais
Antes do acidente	Educação para a condução; Exame de condução; Perda e recuperação da carta; Educação contínua.	Idade, condições e controlo do parque automóvel; Soluções de segurança activa; Introdução de medidas de dissuasão nas empresas (alcoóímetros, p.ex.).	Concepção, Construção, Sinalização, Conservação e Requalificação das Vias; Estacionamento; Controlo Automático da Velocidade.	Educação cívica e escolar (pré-habilitação); Pressão social sobre comportamentos; Ordenamento do Território.
No acidente	Utilização sistemática dos dispositivos de segurança.	Soluções de segurança passiva.	BEAV; Melhoria da Capacidade de Aviso.	O Socorro (Aviso e Auxílio) como prioridade cívica
Depois do Acidente	Avaliação comportamental de condutores envolvidos.	Estudo dos veículos envolvidos em acidentes.	Investigação dos acidentes; Análise e correção dos Pontos Negros; Melhoria da capacidade de intervenção (formação dos meios de socorro e rede nacional de assistência)	Educação para o Socorrismo.

ACÇÕES TRANSVERSAIS	
Cooperação	Ação sistemática para a coordenação de esforços e actuação entre todas as entidades envolvidas na segurança rodoviária, aos níveis nacional e internacional.
Fiscalização	Sistematização das acções, dirigidas aos grupos e locais de risco e às prioridades da ENSR no contexto Europeu (álcool e substâncias psicotrópicas, velocidade, sistemas de segurança).
Comunicação	A Segurança Rodoviária como Desafio Nacional – Tema de campanha genérica, transversal a toda a ENSR; Definição de segmentos alvo e comunicação dirigida, de acordo com os objectivos estratégicos.
Estudos	Aprofundamento dos estudos realizados, considerando os Objectivos da ENSR e a necessidade de harmonizar os estudos técnicos e de opinião a nível europeu.

Figura 6: Matriz de Haddon da ENSR (Fonte: ANSR)

Em 2017 foi aprovado o Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária (PENSE), onde é estabelecida uma visão para 2020 através de orientações gerais para a continuidade das políticas de segurança rodoviária, concretizadas por um plano de ação com medidas concretas e entidades responsáveis (2017b). Neste documento são efetuadas comparações

com outros países da UE definidos como referência (pelas suas características sociais, económicas e de organização), a Espanha, a França e a Áustria (Figura 7).

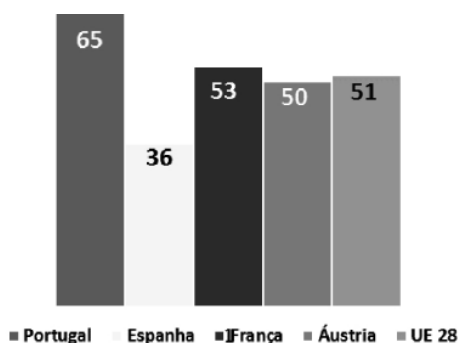


Figura 7: Mortos/milhão de habitantes em 2014 (Fonte: PENSE)

Em consonância com as disposições comunitárias em vigor à data, o PENSE materializa as seguintes metas: (i) 41 mortos/milhão de habitantes, o que representa uma diminuição de 56% face ao valor de 2010, ou seja, 6% acima do objetivo europeu atual, como referido no capítulo anterior, e (ii) 178 feridos graves/milhão de habitantes, o que representa uma diminuição de 22% face a 2010. A definição de ferido grave passou a ser balizada pela escala AIS (*abbreviated injury score*), tendo de ser igual ou superior a 3 (ver Quadro 2).

Quadro 2: Escala AIS

Código AIS	Lesão	Probabilidade de morte (%)
1	Menor	0
2	Moderada	1-2
3	Séria	8-10
4	Severa	5-50
5	Crítica	5-50
6	Máxima	100
9	Não especificada	-

Uma consequência duradoura da ENSR foi o incentivo à constituição de planos municipais de segurança rodoviária (PMSR), reconhecendo o poder autárquico como agente primordial no ataque à sinistralidade, nomeadamente em meio urbano. Daí

resultou o Guia para a Elaboração de Planos Municipais de Segurança Rodoviária (ANSR, 2009b), que constitui um suporte à definição, desenvolvimento e implementação dos PMSR.

Desde então, vários municípios têm publicados os seus documentos, como Maфра, Paços de Ferreira e Penafiel, entre outros, que, regra geral, incluem diagnósticos detalhados sobre a rede rodoviária e os acidentes que nela ocorrem, bem como medidas de intervenção adaptadas à realidade específica de cada e ações concretas, com responsáveis, orçamentos, objetivos e metas claramente definidos, desde campanhas de sensibilização a limpeza de publicidade não licenciada, passando por obras de arranjos de nós.

O guia é também extremamente útil pela concretização de um parâmetro único de referência da sinistralidade rodoviária em cada concelho: o Índice de Sinistralidade Rodoviária Municipal (ISRM). Atribuindo diferentes ponderações ao número de mortos, feridos graves e feridos ligeiros registados em cada ano, a que se chama Índice de Gravidade (IG), calcula uma média móvel com os dados de três anos consecutivos. Assim, é possível perceber a gravidade da situação por município (Quadro 3).

$$IG = (100 * M) + (10 * FG) + (3 * FL) \quad 1$$

$$ISRM = \frac{IG_n + 0,66 * IG_{n-1} + 0,33 * IG_{n-2}}{3} \quad 2$$

Quadro 3: Índices de Sinistralidade Rodoviária Municipal em 2007 (Fonte: ANSR)

Município	2005				2006				2007				ISRM
	M	FG	FL	IG	M	FG	FL	IG	M	FG	FL	IG	
Barcelos	19	37	513	3.809	12	16	498	2.854	2	22	480	1.860	1.667
Braga	8	40	666	3.198	5	61	670	3.120	4	42	611	2.653	1.923
Coimbra	8	31	867	3.711	5	22	814	3.162	9	22	827	3.601	2.304
Guimarães	13	57	659	3.847	10	56	561	3.243	15	72	634	4.122	2.511
Leiria	22	62	899	5.517	23	69	841	5.513	19	44	785	4.695	3.385
Lisboa	37	352	2816	15.668	22	289	2872	13.706	19	161	2718	11.664	8.627

Porto	13	32	1086	4.878	4	35	991	3.723	10	23	914	3.972	2.680
Sintra	18	84	1147	6.081	12	58	1001	4.783	22	50	1027	5.781	3.648
V.N. Gaia	10	41	946	4.248	12	43	930	4.420	10	38	934	4.182	2.834

Para uma análise do sistema de mobilidade local mais ajustada à escala de cada concelho, propõe-se ainda a associação deste índice a outros fatores, como a população residente ou o consumo total de combustíveis fósseis.

3. Zonas de Acumulação de Acidentes

3.1. Enquadramento

A Diretiva 2008/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho (UE, 2008) relativa à gestão da segurança nas infraestruturas rodoviárias obriga à recolha de informação sobre os acidentes na rede rodoviária e estabelece as seguintes metodologias de avaliação da sinistralidade com vista à sua redução: Avaliação do Impacto Sobre a Segurança (AISR), Auditoria de Segurança Rodoviária ao projeto de estradas (ASR), Gestão da Segurança da Rede (GSR) e Inspeção de Segurança Rodoviária (ISR).

A AISR adequa-se à fase de projeto, devendo indicar as considerações de segurança de base e a análise custo/benefício das opções propostas. As ASR abrangem a conceção, desde o projeto ao funcionamento inicial e pressupõem a nomeação de um auditor, que define elementos críticos de avaliação. A GSR envolve a classificação por perigosidade dos troços de elevada sinistralidade. As ISR consistem na verificação periódica das vias, como descritas pelo Instituto da Mobilidade e dos Transportes – IMT (IMT, 2011).

Por detrás destas metodologias está a ideia de que a sinistralidade, ao longo do tempo, tem tendência a concertar-se em determinadas zonas, pelas mais variadas razões. Essas Zonas de Acumulação de Acidentes (ZAAs) têm, então, de ser evitadas, *a priori* da execução, ou mitigadas, *a posteriori*. Para as identificar, existem diversos métodos estatísticos de tratamento de dados, desenvolvidos tendo em conta diferentes fatores, diferentes secções das vias e diferentes geografias, para apoio à decisão.

As intervenções *a priori* são sustentadas pelo conhecimento já existente e por estudos prévios, estudos de viabilidade ou projetos de execução que identifiquem os fatores que podem influenciar a segurança rodoviária na estrada a construir. As intervenções *a*

posteriori estão mais associadas às inspeções, a partir das quais se gera conhecimento sobre a estrada em questão, se definem eventuais defeitos e se prepara a sua correção física.

Tal como se pode ler no Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária (Costa *et al.*, 2008), o levantamento da sinistralidade pode ser efetuado através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Definindo-se os atributos a registar e as referências necessárias, sejam as coordenadas geográficas, a toponímia ou a distância a uma determinada origem, os registos georreferenciados facilitarão a identificação de ZAAs, a sua investigação e a implementação de medidas.

As soluções projetadas e aplicadas passam, invariavelmente, por intervenções de carácter geral (melhoria da visibilidade, da sinalização rodoviária, dos pavimentos ou da iluminação pública), por medidas de acalmia de tráfego (alterações nos alinhamentos horizontais, alterações nos alinhamentos verticais, controlo de velocidades de circulação, controlo de volumes de tráfego ou outras soluções complementares), ou pelo reforço da monitorização e fiscalização das vias (InIR, 2011).

O encerramento à circulação automóvel de arruamentos ou zonas urbanas tem-se revelado muito eficaz na promoção de uma mobilidade sustentável, com a redução da sinistralidade e o aumento da utilização de modos suaves como consequência. Desde que em 2009 se fechou ao tráfego a praça de Times Square em Nova Iorque, os ciclistas aumentaram 150%. Em Pontevedra, a pedonalização do centro histórico é reconhecida como responsável pela inexistência de vítimas mortais desde 2011 em acidentes (Silva, 2017).

3.2. Identificação de Zonas de Acumulação de Acidentes

A necessidade de desenvolver metodologias de tratamento de dados de sinistralidade rodoviária motivou, nos Estados Unidos da América (EUA) a redação do *Highway Safety*

Manual (AASHTO, 2010), ou HSM. Este guia compila termos e conceitos, na parte A, define procedimentos de projeto, execução, gestão e manutenção da segurança nas vias, na parte B, estima os acidentes tendo em conta a geometria e o tráfego, na parte C, e propõe alterações físicas e fatores de medição do seu impacto, na parte D.

O HSM assenta no método empírico de Bayes (EB), que é um processo de inferência estatística e serve, neste contexto, para combinar o nível de sinistralidade numa secção com o nível médio de sinistralidade em secções semelhantes. É um conceito espacial. Por outro lado, há o fenómeno de regresso à média, que diz que a frequência dos acidentes flutua naturalmente com os anos. É um conceito temporal. Devem usar-se dados de três anos, no mínimo (Herbel *et al.*, 2010).

O EB é considerado o mais eficiente para se identificar ZAAs, porque se baseia em registos históricos e num modelo de previsão, ajustando o número de acidentes esperado ao número de acidentes observado, bem como ponderando o regresso à média. Contudo, o HSM também propõe métodos mais lineares, como a frequência média de acidentes, que ordena as secções por ordem decrescente de número de acidentes, ou a taxa de acidentes, que normaliza a frequência em relação ao volume de tráfego (Costa, 2016).

Costa (2016) identifica outras formas de identificação de ZAAs utilizadas na Europa, em países com uma realidade viária mais próxima da portuguesa. Um conceito interessante é o de coeficiente de risco, que existe na Áustria. Relacionando o número de acidentes com vítimas em 3 anos e o Tráfego Médio Diário Anual (TMDA – volume total de veículos num dia), estabelece que um coeficiente de risco superior a 0,8 num troço com 250m de extensão pode ser considerado uma ZAA.

Nos seus relatórios de atividades, a ANSR lida com o conceito de ponto negro, que não é mais do que uma ZAA, definida como (i) um lanço de estrada com 200m, no máximo, (ii) com, pelo menos, 5 acidentes com vítimas no ano em análise, e (iii) cuja soma de índices de gravidade seja superior a 20. No relatório de atividades de 2016 (ANSR, 2016),

foram efetuadas 26 inspeções de segurança aos pontos negros registados em 2015 na rede rodoviária nacional, destacando-se os localizados no distrito do Porto (Quadro 4).

Quadro 4: Ponto negros no distrito do Porto de 2015 (Fonte: ANSR)

N.º	Via	Km inicial	Km final	Sentido
1	EN12	1,350	1,430	-
2	EN15	29,014	29,200	-
3	A20	10,600	10,800	Crescente
4	A43	1,400	1,500	Decrescente
5	A4	23,500	23,700	Decrescente
6	A29	45,200	45,320	Crescente

Entre estes, os pontos negros 1 e 3 localizam-se dentro do limite do concelho do Porto.

3.3. Sistemas de Informação Geográfica Aplicados à Sinistralidade

O recurso a SIG na compreensão da distribuição dos acidentes ganha expressividade com a utilização de funções de análise espacial como, por exemplo, a estimativa de densidade kernel, que é uma função não paramétrica (independente de parâmetros) de interpolação local adequada para análise de padrões. Num modelo de dados raster, o valor da densidade obtido advém do cálculo da distância do centro de cada célula a cada ponto conhecido, dentro de um determinado raio.

É atribuído mais valor a pontos mais próximos do centro da célula. Pode-se dizer que, através desta função, determinam-se os locais com maior suscetibilidade de ocorrência de acidentes com base em registos já existentes. Shafabakhsh *et al.* (2017) recorreram à estimativa de densidade kernel para visualizar esses locais em Mashhad, a segunda maior cidade do Irão, para acidentes com vítimas mortais (Figura 8), com vítimas graves ou leves (Figura 9) e com danos materiais (Figura 10).

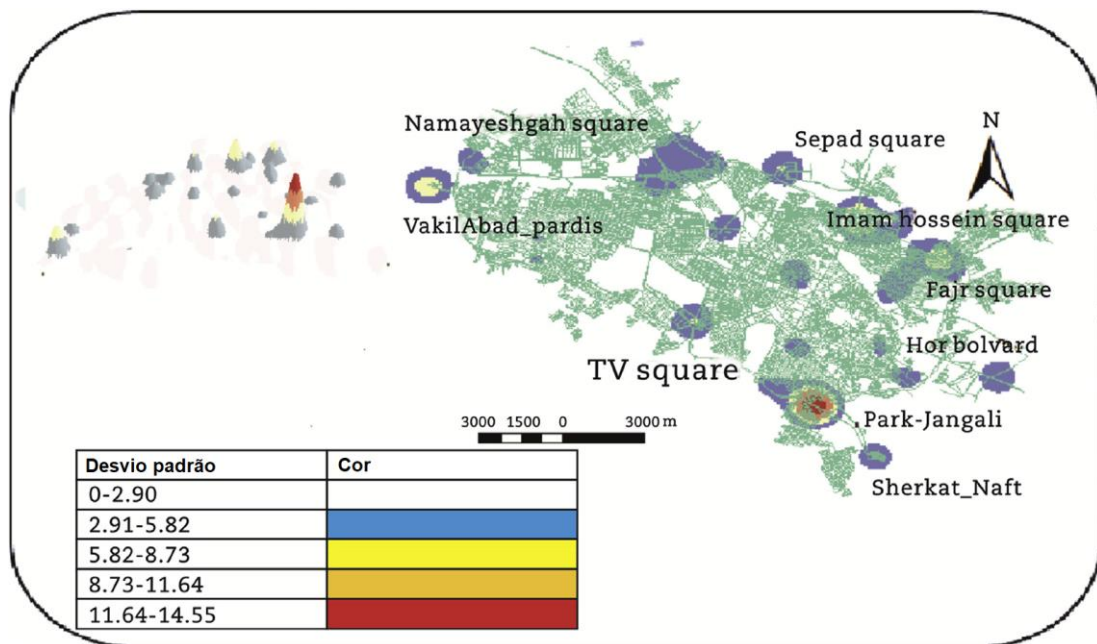


Figura 8: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com vítimas mortais em Mashaad (Adaptado de: Shafabakhsh *et al.* (2017))

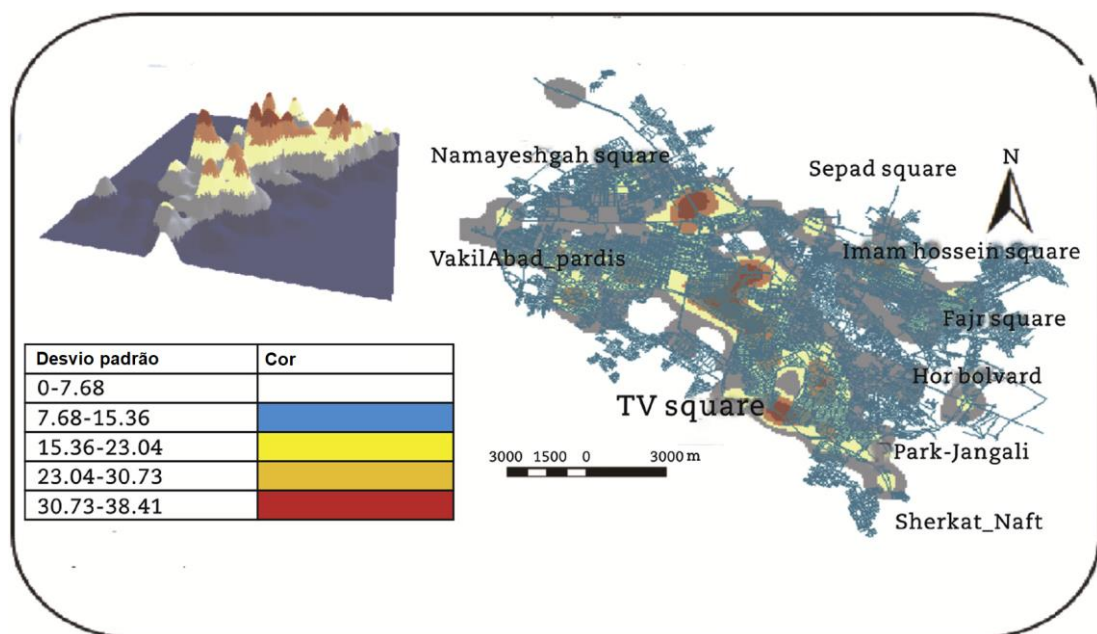


Figura 9: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com vítimas graves ou leves em Mashaad (Adaptado de: Shafabakhsh *et al.* (2017))

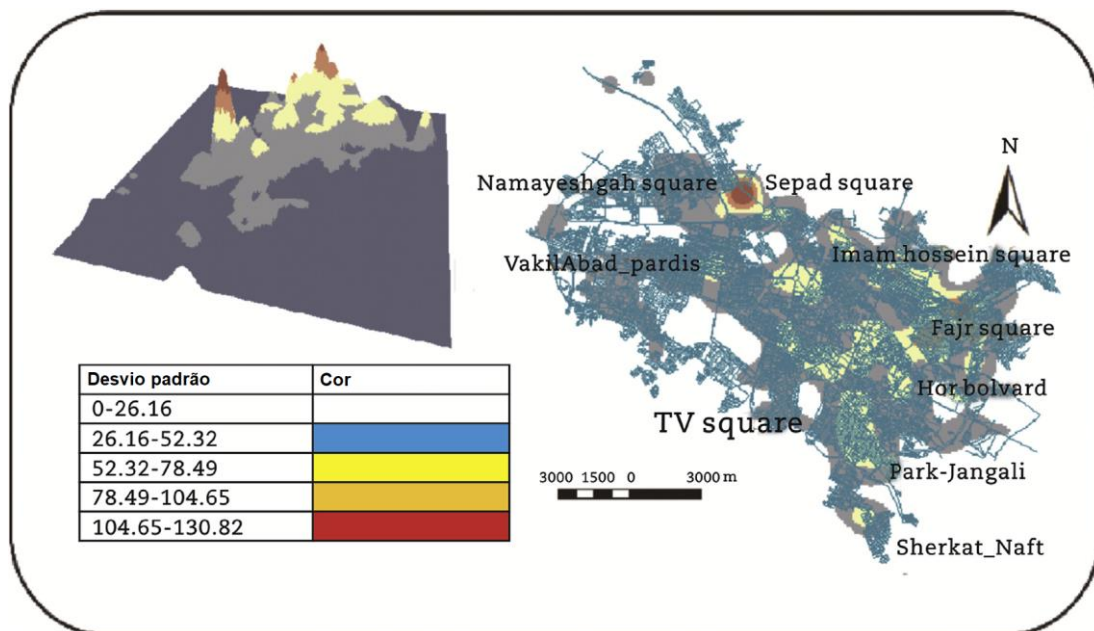


Figura 10: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com danos materiais em Mashaad (Adaptado de: Shafabakhsh *et al.* (2017))

Através de um simples código de cores, consoante os cinco intervalos de desvio padrão definidos, é fácil compreender os locais da cidade que podem ser estatisticamente considerados como ZAAs e que, portanto, devem ser definidos como prioritários para fiscalização das vias ou para intervenções na infraestrutura. Dependendo dos dados, pode ser possível atacar o problema da sinistralidade nas ZAAs consoante a natureza dos acidentes, perceber se envolvem utilizadores vulneráveis, entre outras análises.

Quando se faz uma análise a um parâmetro específico é possível recorrer à análise *hot spot*, para verificar a sua variação em função da localização e da vizinhança. Um local é considerado um *hot spot* relativamente a um parâmetro se apresentar vizinhos próximos também com valores elevados desse parâmetro, formando-se áreas com relevância estatística. Esta técnica tem por base a função Getis-Ord G_i^* e hipóteses estatísticas com níveis de confiança (tipicamente de 90%, 95% ou 99%).

No ArcGIS, da aplicação dessa função resulta uma nova camada com um z-score (número de desvios padrão em relação à média) e um p-value (probabilidade de detetar o resultado

mais extremo quando a hipótese nula de um fenómeno é verdadeira) para cada entidade, com um determinado nível de confiança associado. Um *hot spot* terá um z-score alto e um p-value igual a zero. No ArcGIS, é possível selecionar o método de conceptualização das relações espaciais e a distância de cálculo.

Budiharto *et al.* (2012) usaram estes dois métodos, entre outros, para mapear as ZAAs na cidade indonésia de Surakarta (Figura 11 e Figura 12). Existindo locais em comum e locais que são realçados com umas funções mas com as outras não, uma das conclusões retiradas e implementadas nesse artigo é a de que a sobreposição das diferentes análises realizadas talvez seja a forma mais completa de elaborar um estudo espacial da distribuição dos acidentes.



Figura 11: ZAAs em Surakarta recorrendo à estimativa de densidade kernel



Figura 12: ZAAs em Surakarta recorrendo à análise *hot spot*

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos alguns estudos de georreferenciação de acidentes na cidade do Porto, para caracterização da sinistralidade rodoviária e para proposta de intervenções na via pública em ZAAs. Ferreira (2002) dividiu a cidade numa malha de 5.408 quadrados para definir áreas de intervenção urgente consoante a quantidade de acidentes registados em cada quadrado (Figura 13) e seleccionou as 86 interseções de quatro ramos com mais acidentes considerando um raio de 20m.

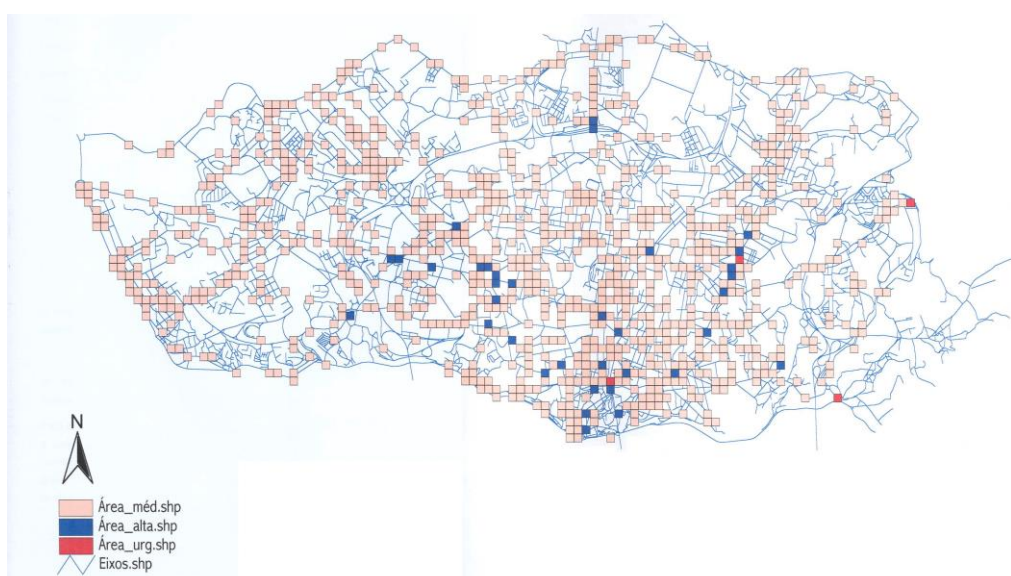


Figura 13: Áreas de urgente, alta e média prioridade de tratamento no Porto (Ferreira, 2002)

Com recurso ao ArcGIS, Barbosa (2008) localizou os acidentes de Janeiro de 2001 a Outubro de 2005 e estabeleceu *buffers* (perímetros) de 30m, para verificar que através das suas sobreposições poderiam ser consideradas zonas de intervenção prioritária. Ainda que válidos, tanto o primeiro método (Ferreira) como o segundo (Barbosa) têm a desvantagem de não identificar pontos específicos, mas sim áreas de influência sem grande expressividade estatística.

4. Mobilidade no Porto

4.1. Enquadramento

A mobilidade é o conceito associado à facilidade de movimentação de pessoas e bens. Esta condição depende das infraestruturas, que devem ser adaptadas para responderem adequadamente às deslocações geradas. Apesar de não ser equivalente à acessibilidade, que se pode definir como a qualidade de cada deslocação quanto ao tempo despendido, ao custo associado ou ao conforto, o planeamento da mobilidade deve ser direcionado para o usufruto do território por todos, nas melhores condições possíveis (Teles, 2010).

No Porto, a infraestrutura rodoviária perfaz 705km de extensão, dos quais 612km são da jurisdição da Câmara Municipal do Porto (CMP) e 93km são da jurisdição da Infraestruturas de Portugal (IP). Este segundo grupo representa 13% do total e engloba a A1, A3, A20, A28, A43, EN12, EN14, EN108, EN209, Rua de Linhas de Torres e canais de ligação. A única estrada que integra a rede nacional constante do PRN2000 e é gerida pela CMP é a Avenida da Associação Empresarial de Portugal (Figura 14).

O município é claramente o centro de três grandes vias radiais, como se visualiza na Figura 15: (i) a Via de Cintura Interna (VCI), que é composta por troços da A1, da A20 e da A44, incluindo a Ponte da Arrábida e a Ponte do Freixo, (ii) a Circular Regional Interna do Porto (CRIP), que apenas está materializada pelos primeiros quilómetros da A4, em Matosinhos, e da A29, em Vila Nova de Gaia, e (iii) a Circular Regional Externa do Porto (CREP), ou seja, a A41.

As portagens na CREP, a alternativa mais longa, e a incompletude da CRIP, a alternativa intermédia, têm o efeito de sobrecarregar a VCI e respetivas travessias sobre o rio Douro. O IMT publica trimestralmente relatórios do Tráfego Médio Diário Mensal (TMDM) na

rede nacional de autoestradas. Neles verifica-se que em dezembro de 2018 se registou, na Ponte da Arrábida, uma TMDM entre 110.989 e 114.200 veículos e, na Ponte do Freixo, entre 63.612 e 116.765 veículos (IMT, 2018).



Figura 14: Jurisdição da via pública no Porto

O esquema de circulação radial, com estradas transversais de ligação entre pontos, é o mais conveniente. O esquema de diagonais e paralelas também é interessante, pela retilinearidade dos trajetos. Contudo, ambos são difíceis de implementar numa cidade consolidada (Unwin, 1909). Dentro do Porto predomina o esquema binário, que privilegia as ruas de sentido único, necessitando de menos espaço para a faixa de rodagem e reduzindo conflitos nos cruzamentos, apesar de as viagens serem menos diretas.

Em engenharia de tráfego, as vias urbanas são divididas em coletoras, distribuidoras principais, distribuidoras locais e acessos locais, por ordem crescente de importância para a acessibilidade e por ordem decrescente de importância para a circulação, isto é, nas primeiras privilegia-se o escoamento automóvel, tipicamente com várias vias por sentido ou velocidades elevadas, e nas segundas dá-se prioridade aos acessos a propriedades, protegendo-se os peões e impondo velocidades mais baixas (Costa *et al.*, 2008).

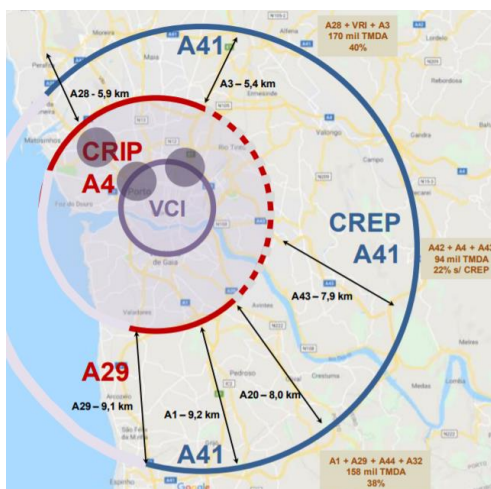


Figura 15: Vias radiais no Porto (Babo *et al.*, 2019)

Nesse sentido, no Plano Diretor Municipal (PDM) do Porto está incluída a Carta de Hierarquia da Rede Rodoviária, constante da Planta de Ordenamento, na qual as vias estão classificadas como rede nacional (e respetivos nós), eixos urbanos estruturantes e eixos urbanos complementares, podendo os restantes arruamentos ser interpretados como acessos locais (Figura 16). Esta carta serve de referência para o planeamento da mobilidade na cidade, para além de ser o resultado natural da sua organização espacial.

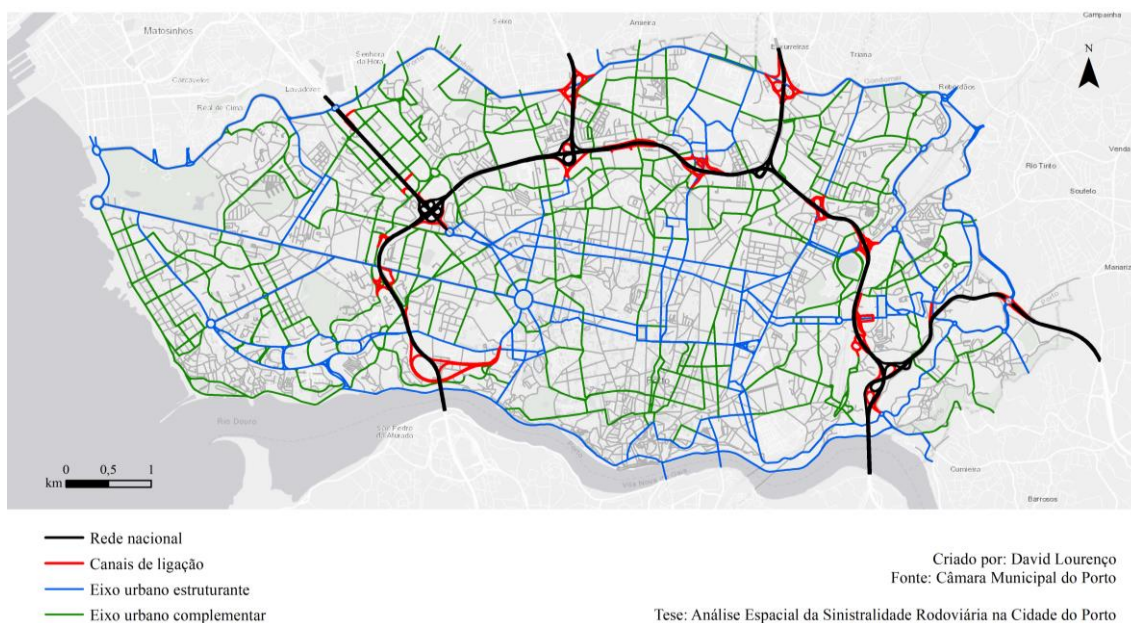


Figura 16: Carta de Hierarquia da Rede Rodoviária do Plano Diretor Municipal do Porto

Como já foi referido anteriormente, em 2017 foi efetuado um inquérito à mobilidade na AML e na AMP. Na segunda, apurou-se que 78,9% dos 1.719.021 cidadãos residentes nessa unidade territorial pode ser considerada população móvel, isto é, mais de 1,3 milhões de pessoas realizaram, no mínimo, uma deslocação com início no dia de referência, num total de 3,4 milhões de deslocações, tendo Vila Nova de Gaia contribuído com 635 mil, o Porto com 419 mil e Matosinhos com 359 mil (2018b).

Estas viagens foram maioritariamente realizadas com recurso ao automóvel. Tal como se pode ver na Figura 17, esse meio de transporte representa metade das deslocações no município do Porto. Apesar da extensão de 67km da rede e das 62.647.000 validações de títulos no ano de 2018, o metro apenas tem um peso de 5,4% e está agrupado com o comboio. A bicicleta, considerada pouco atrativa numa cidade com orografia complexa, como é o caso, revela-se pouco expressiva, com apenas 0,4%.

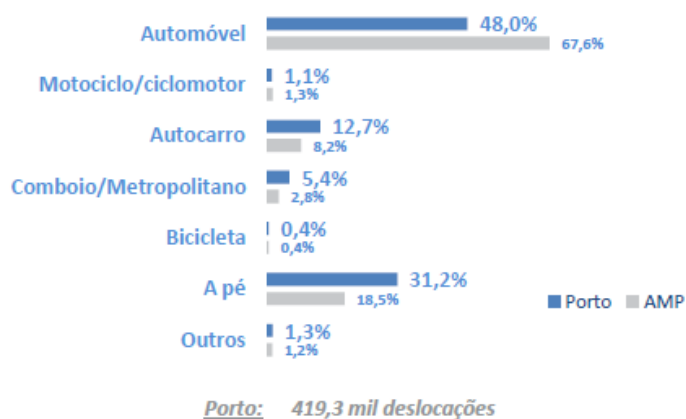


Figura 17: Distribuição das deslocações no Porto por meio de transporte (Fonte: INE)

A Autoridade de Supervisão de Seguros e Fundos de Pensões (ASF), entidade a quem compete a supervisão e a regulação de toda a atividade seguradora, aponta, no seu *website*, para a existência de 1.085.822 veículos no distrito do Porto em 2017, o que perfaz 14,7% do total a nível nacional. Desses, 939.082 são automóveis ligeiros, 81.913 são motociclos/ciclomotores e 17.781 são automóveis pesados. Verifica-se que 61,6% têm 10 anos ou mais, valor ligeiramente inferior à média nacional de 63,3%.

O Metro do Porto irá, em breve, ganhar mais 6km e 7 estações (Figura 18), com a extensão da linha amarela (D) para sul, de Santo Ovídio até Vila d'Este, e com a criação da linha rosa (G), que irá criar um anel subterrâneo central entre a estação ferroviária de São Bento e a estação da Casa da Música, na Rotunda de Mouzinho de Albuquerque, atravessando, assim, territórios urbanos de grande densidade populacional. Outros planos de expansão estarão a ser equacionados no futuro.



Figura 18: Expansão da rede do Metro do Porto (Fonte: Metro do Porto)

A Sociedade de Transportes Coletivos do Porto (STCP) consubstancia a maior oferta de transporte público pesado no distrito, sendo gerida pelos seis municípios em que opera: Porto, Matosinhos, Maia, Gondomar, Valongo e Vila Nova de Gaia. De acordo com os indicadores chave públicos, em 2017 a empresa detinha 70 linhas, servidas por 417 autocarros, para além de 7 carros elétricos, que se desdobram em 3 linhas, tendo sido utilizados por 72,4 milhões de passageiros.

Têm sido efetuadas alterações profundas e anunciados projetos estruturantes de reorganização dos autocarros. Os terminais do Dragão, do Bom Sucesso ou da Casa da Música têm ganho importância nas redes da STCP e dos operadores privados. Foi anunciado o Terminal Intermodal de Campanhã, a acoplar à estação ferroviária. Na Avenida de Fernão de Magalhães está a ser criado um Corredor de Autocarros de Alta Qualidade (CAAQ), uma via de duplo sentido, com prioridade nas interseções.

Existem já mais de 20km de corredores BUS (Figura 19), o que garante velocidades comerciais superiores e mais comodidade nas viagens. Desde 2016 que os motociclos e ciclomotores podem também circular em cerca de 15km destas vias reservadas, uma aposta pioneira no país numa mobilidade mais sustentável e na segurança dos motociclistas. Os lugares afetos ao estacionamento destes veículos são cada vez mais, tanto à superfície como em parques municipais e privados, sem qualquer tarifa associada.



Figura 19: Corredores BUS no Porto

Contabilizam-se aproximadamente 30km de ciclovias na cidade do Porto. A bibliografia (Seabra *et al.*, 2011) define três tipologias destes percursos: (i) via banalizada

(coexistência), (ii) faixa ciclável (separação visual), e (iii) pista ciclável (separação física). Na primeira tipologia apenas pode ser inserido o projeto piloto iniciado em 2017 de circulação de bicicletas no corredor BUS da Rua de Costa Cabral, solução que pode ser viável em arruamentos sem largura suficiente para se adotar as restantes tipologias.

O aparecimento recente de serviços de mobilidade suave com recurso à partilha de bicicletas e trotinetes começa a ter impacto em Portugal e tem-se revelado uma alternativa para deslocações “casa trabalho casa” e de “última milha” (distâncias curtas a vencer entre centros de logística ou interfaces de transportes e o destino final). A CMP anunciou em 2019 estar a preparar um regulamento para estes serviços, o que poderá contribuir para um descongestionamento sustentado do tráfego automóvel.

Ao mesmo tempo, tem-se notado um aumento da circulação pedonal, especialmente no centro histórico, a que não será alheio o crescimento do turismo (segundo a Pordata, em 2007 circularam 3.986.860 de passageiros pelo aeroporto do Porto e em 2017 circularam 10.790.271, ou seja, em 10 anos houve um aumento de 270%). Isto obriga a uma atenção redobrada sobre os peões, alargando os passeios, melhorando a segurança das travessias, reduzindo os conflitos, fechando ruas ao trânsito público ou criando zonas coexistência.

Está em curso um processo de reestruturação das ruas de trânsito proibido existentes, como a Rua das Flores ou a Rua de Santa Catarina, com a introdução de um sistema de controlo automático de entradas e saídas, com maiores restrições de circulação associadas, consubstanciando-se, assim, Zonas de Acesso Automóvel Condicionado (ZAAC), o que deverá atenuar a pressão do tráfego e garantir melhores condições pedonais no centro histórico e nas ruas de elevada densidade comercial.

Em resumo, uma cidade é um ecossistema complexo, no qual têm de ser equacionadas várias necessidades, nomeadamente de mobilidade. No Porto continua a dominar o transporte individual, o que causa a saturação da rede e tem custos para a sociedade e para o ambiente, como os associados à sinistralidade rodoviária. Seja através do planeamento

urbano, de políticas sociais, de incentivos financeiros ou de novas tecnologias, infraestruturas e serviços, vislumbram-se sinais positivos de mudança desse paradigma.

4.2. Panorama da Sinistralidade no Porto

Para além dos relatórios da evolução da sinistralidade a nível nacional, a ANSR publica, também, relatórios anuais sobre esta temática por distrito, relativos às vítimas a 24h e a 30 dias. Os mais recentes do Porto que se encontram disponíveis demonstram que o número de acidentes com vítimas no distrito (Figura 20) tem vindo a aumentar desde 2012, ano em que houve um mínimo de 4.905, a 2017, ano em que houve um máximo de 5.983, ou seja, mais 1.078 acidentes com vítimas em 5 anos (ANSR, 2017b).

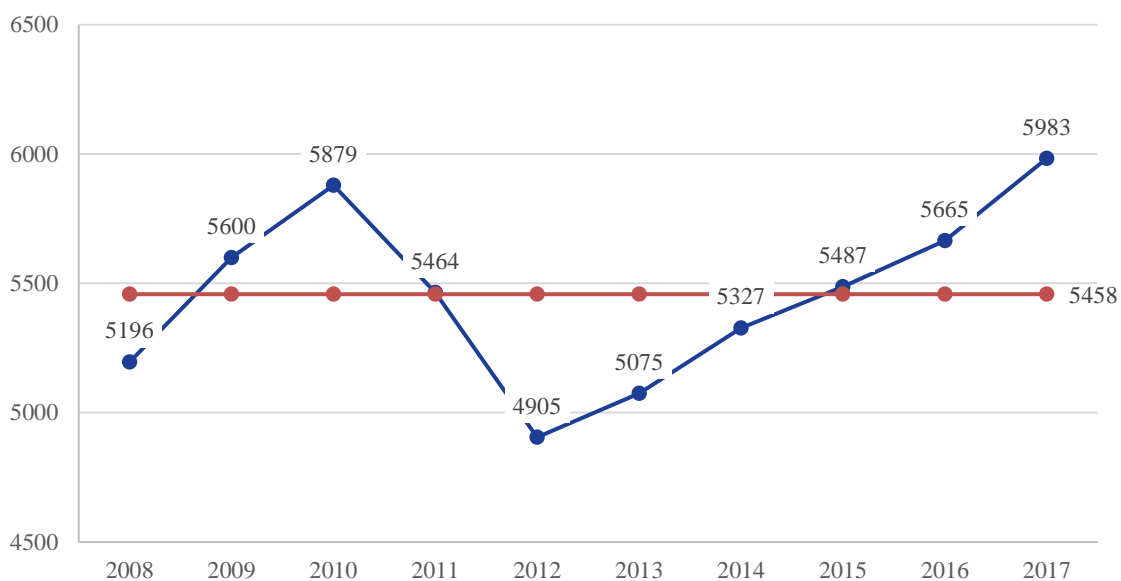


Figura 20: Acidentes com vítimas a 24h no distrito do Porto (Fonte: ANSR)

Repescando o conceito de regresso à média do HSM, ao pico de 2017 pode suceder uma descida progressiva, num fenómeno estatístico análogo ao que aconteceu entre 2010 e 2012. Por outro lado, pode ser sintomático de uma degradação das condições de

circulação ou até de um aumento do tráfego no distrito (por exemplo, na A20, entre o nó Freixo Norte e o nó Amial, a TMDM ponderada em dezembro de 2014 era 124.948 e em dezembro de 2018 era 127.036, pelos valores dos relatórios do IMT).

Em 2017, 58,6% das vítimas circulavam em veículos ligeiros, 15,9% a pé, 4,1% de bicicleta e 19,3% de motociclo ou ciclomotor, sendo estes os meios de transporte mais críticos (ANSR, 2017b). Cruzando esta informação com a distribuição modal do subcapítulo anterior, verifica-se que, à escala, os motociclos e ciclomotores deverão ser os veículos mais perigosos, visto que, pelo inquérito de mobilidade do INE (Figura 17), estes representam apenas 1,3% das deslocações em toda a AMP.

No concelho do Porto, em específico, terão ocorrido 1.050 acidentes com vítimas (17,5% do distrito, a maior fatia do total, seguido pelos 14,3% de Vila Nova de Gaia), dos quais, a 30 dias, resultaram 9 mortos, 18 feridos graves e 1227 feridos ligeiros (ANSR, 2017b). Comparando com os dados a 24h (ANSR, 2017a), onde se verificaram 8 mortos, 19 feridos graves e 1227 feridos ligeiros, a diferença é muito residual, pelo que se pode concluir que o socorro e os cuidados de saúde após o acidente são eficazes.

4.3. A Câmara Municipal e a Segurança Rodoviária

A CMP tem, presentemente, na sua estrutura orgânica interna, publicada no Diário da República a 04/09/2018 através do Despacho n.º 8537/2018, uma unidade orgânica dedicada a apoiar o executivo na conceção e implementação de estratégias/políticas de mobilidade, estacionamento e transportes, a avaliar/promover a manutenção das infraestruturas viárias e respetiva sinalização e a dinamizar o uso dos transportes públicos e a intermodalidade (2018a): a Direção Municipal de Mobilidade e Transportes (DMMT).

Dentro deste núcleo (Figura 21), há o Departamento Municipal de Gestão de Mobilidade e Transportes (Dep.MGMT), que concretiza essas competências através de duas unidades

orgânicas flexíveis de cariz estratégico – a Divisão Municipal de Gestão de Mobilidade e Tráfego (DMGMT) e a Divisão Municipal de Planeamento de Mobilidade e Transportes (DMPMT) – e duas de cariz operacional – a Divisão Municipal de Sinalização de Trânsito (DMST) e a Divisão Municipal de Infraestruturas Viárias (DMIV).

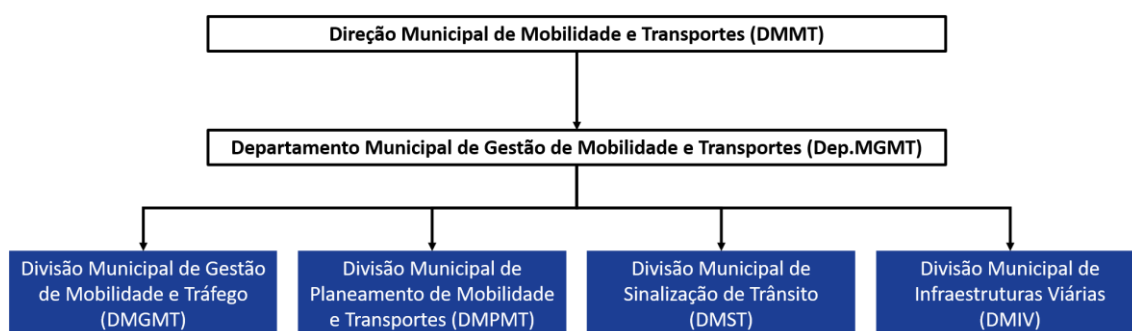


Figura 21: Estrutura da DMMT (Fonte: Despacho n.º 8537/2018)

No contexto desta tese proporcionou-se o contacto com a DMPMT, pelas suas atividades de elaboração e análise de estudos de mobilidade urbana e transportes, tendo um SIG interno em constante expansão e atualização como principal base de trabalho, e com a DMGMT, pelas suas responsabilidades de administração do Sistema de Gestão de Mobilidade (SGM.CMP – o conjunto ITS do município) e de elaboração e análise de projetos de segurança rodoviária, nomeadamente de modelação e sinalização.

O grupo dedicado à informação geográfica da via pública que integra a DMPMT gere várias camadas representativas da ação da CMP nesta área, armazenando grandes quantidades de dados em servidores municipais. O acesso a algumas dessas camadas é disponibilizado através de *webservices*, que são invocados por plataformas web de consulta e/ou edição, o que permite tomar decisões mais pragmáticas. A aquisição de dados sobre a sinistralidade rodoviária tem sido um esforço conjunto com a DMGMT.

O SGM.CMP é a infraestrutura que permite gerir em tempo real o tráfego no Porto, à qual estão associados diversos subsistemas físicos: (i) sistema de gestão de tráfego (SGT), que se divide na sinalização luminosa automática de trânsito (SLAT) e no *software* de gestão

de tráfego (SWOFT), (ii) sistema de videovigilância de tráfego (SVT), (iii) sinalização dinâmica (SD) e (iv) sistema de controlo de acessos (SCA). A interligação entre os subsistemas é feita por uma rede de comunicações abrangente, de cobre e fibra ótica.

As instalações SLAT são uma solução muito aplicada na cidade, adequada, a par das rotundas, para regular os movimentos em interseções com volumes intermédios de Tráfego Médio Diário Anual (TMDA), ou seja, interseções onde o tráfego é demasiado elevado para apenas vigorar a regra da prioridade à direita do Código da Estrada e demasiado baixo para justificar a segregação dos movimentos com recurso ao desnivelamento do cruzamento (Figura 22).

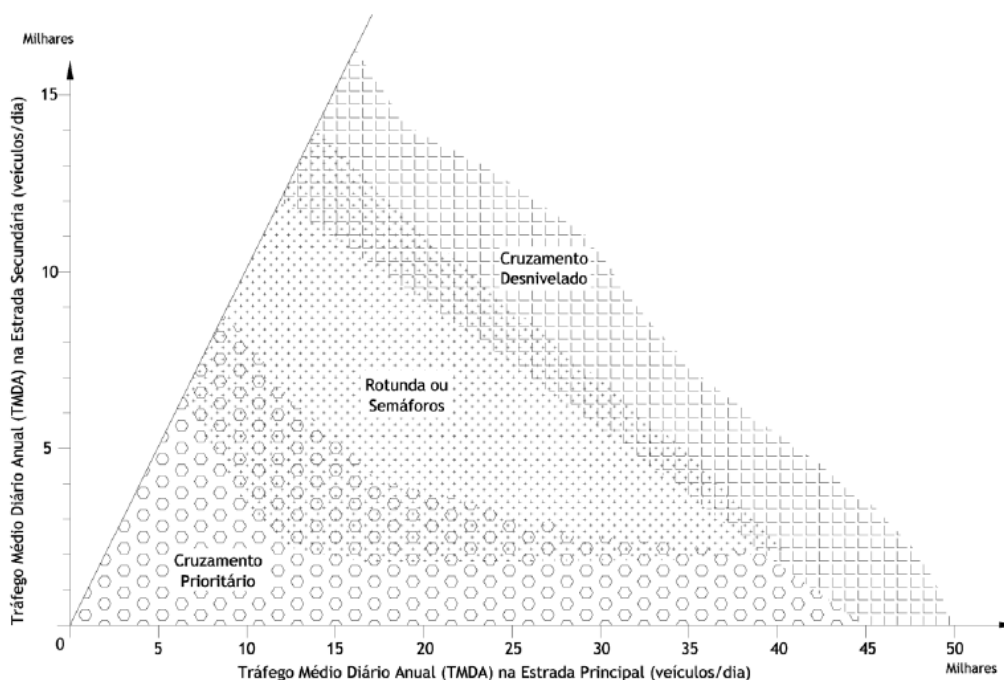


Figura 22: Aplicabilidade dos diferentes tipos de interseções (Fonte: Costa *et al.* (2008))

No Porto existem praticamente 300 instalações SLAT (Figura 23), 140 das quais se encontram centralizadas (ligadas a servidores municipais aos quais se pode aceder através do SWOFT, permitindo o controlo remoto das mesmas). As restantes têm apenas controlo local. Cada instalação é constituída pelas óticas, as colunas e báculos, que as suportam,

os controladores, que alternam as cores das óticas segundo planos específicos, os sensores para peões e veículos, os detetores, que interpretam os sinais dos sensores, e os cabos.

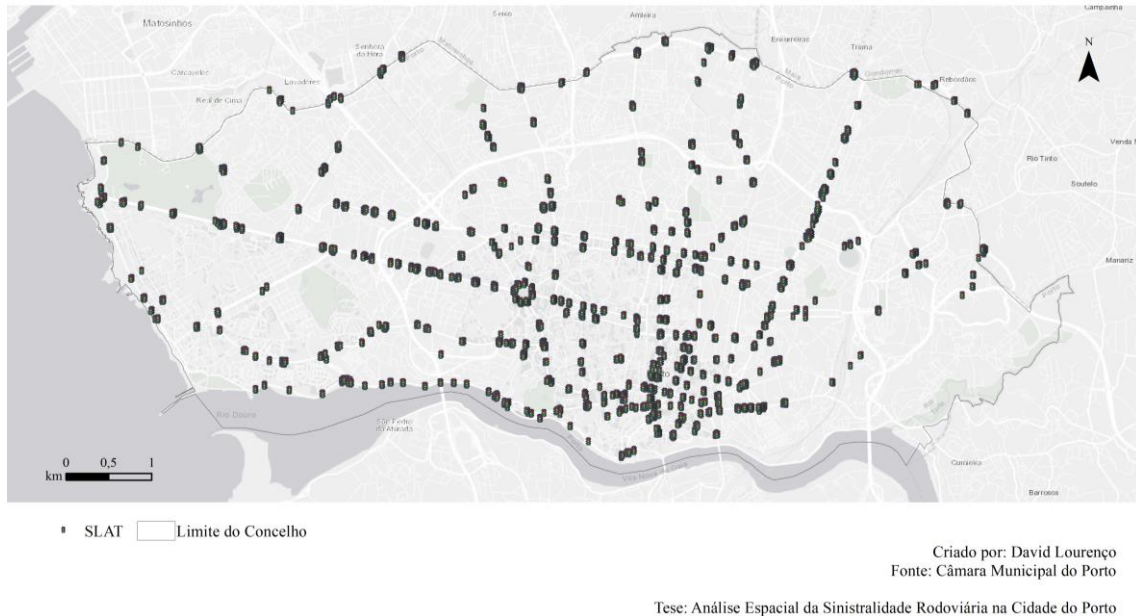


Figura 23: Sinalização luminosa automática de trânsito do Porto (Fonte: CMP)

As câmaras de CCTV (*Closed-Circuit Television*) do SVT são 122 e afiguram-se essenciais para a monitorização do tráfego e para a resposta a acidentes rodoviários. Em constante expansão, este subsistema concentra-se maioritariamente no centro do Porto, onde há muitos modos de transporte a convergir, em espaços mais compactos, na envolvente do Parque da Cidade, uma herança das corridas automobilísticas do Circuito da Boavista, e nas Antas, zona com Plano de Pormenor estabelecido no PDM (Figura 24).

A SD é composta por painéis luminosos diversos, como o colocado na Rua do Campo Alegre, na aproximação à Escola EB 2/3 de Gomes Teixeira, com o sinal A14 do Regulamento de Sinalização de Trânsito (RST) (1998), o existente na Rua da Reboleira de velocidade controlada por radar ou o de informação da velocidade instantânea implantado na Rua de Fez. A este subsistema poderão vir a ser adicionados painéis de mensagem variável, que, atualmente, apenas existem à entrada de alguns túneis urbanos.

Quanto ao SCA, diz respeito aos dissuasores e interfonias que condicionam a entrada e a saída nas zonas de trânsito proibido. Com controlo remoto, são baixados durante os períodos definidos para cargas e descargas e, fora deles, para veículos de emergência, transporte de pessoas com mobilidade reduzida, transporte público ligeiro de passageiros em serviço (máx. 2 veículos) e veículos autorizados pela Junta de Freguesia (transporte regular de crianças até 3 anos ou pessoas com mobilidade reduzida e acesso a garagens).

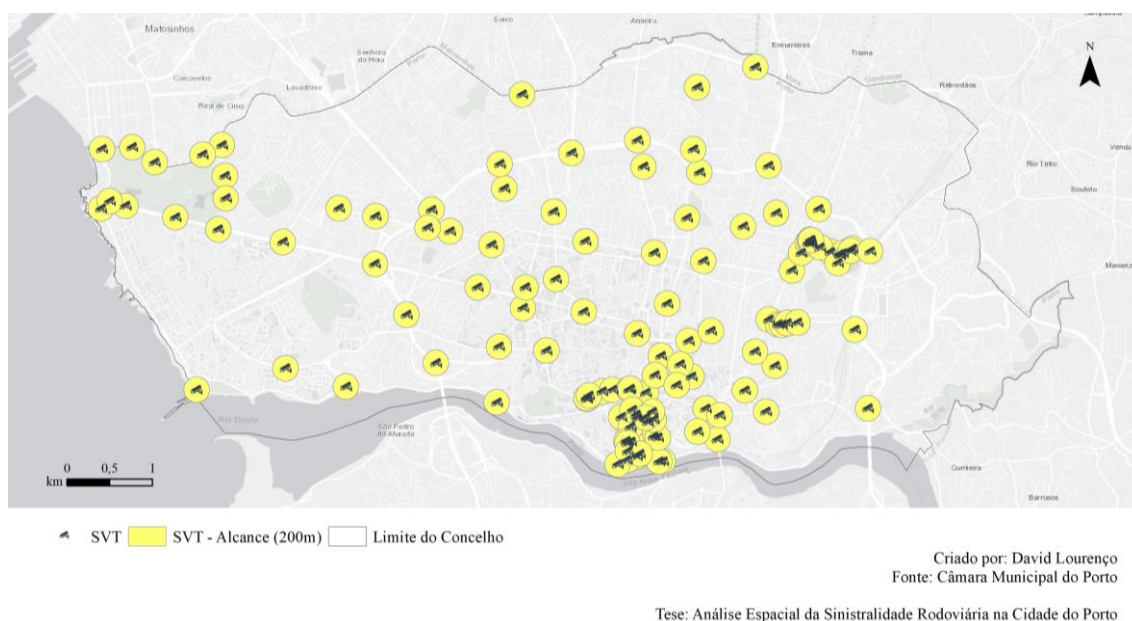


Figura 24: Sistema de videovigilância de tráfego do Porto (Fonte: CMP)

Todos estes equipamentos são geridos por colaboradores da DMGMT, a partir dos Paços do Concelho, onde se concentram os gabinetes técnicos, ou do Centro de Gestão Integrada (CGI), onde estão os operadores de tráfego que, 24h/dia, asseguram o funcionamento do SGM.CMP e acionam os dispositivos necessários para, através dele, se garantir uma circulação mais fluída e segura, por vezes em coordenação com outros serviços, como a Polícia Municipal (PM) ou até a Polícia de Segurança Pública (PSP).

A organização da rede de transportes pode ser determinada com recurso a modelos matemáticos que tentam representar a localização e a distribuição geográfica das viagens de cada modo de transporte e que são calibrados pelos parâmetros macroscópicos (que

caracterizam o tráfego como um todo), mesoscópicos (que caracterizam grupos de veículos) e microscópicos (que caracterizam o comportamento individual de cada veículo face aos restantes) dos fluxos rodoviários (Tavares e Pereira, 2015).

A modelação do tráfego consiste na construção de um desenho com nós (cruzamentos), arcos (troços), viragens (movimentos) e zonas (pontos de origem/destino), na afetação do tráfego (atribuição de viagens aos arcos com base numa matriz origem/destino), na calibração do modelo (correção da matriz para aproximar estimativas de variáveis de tráfego de valores reais) e na sua validação (verificação da plausibilidade das estimativas por cálculo de parâmetros, representações ou estatística) (Gonçalves e Ribeiro, 2017).

A DMGMT tem desenvolvido um modelo macroscópico de 2018 com 8.161 nós e 10.634 arcos, baseado numa matriz de 2017 que considera 125.454 viagens na hora de ponta da manhã (HPM) – 8:15 às 9:15 – e 103.857 viagens na hora de ponta da tarde (HPT) – 17:30 às 18:30. A cada arco está, por exemplo, atribuída uma capacidade (máximo de veículos que atravessam num período de tempo em condições normais) e atribuído um número de unidade de veículos ligeiros equivalente (uvle) por hora.

Este modelo permite simular as condições reais da rede viária e serve de base para a avaliação do impacto dos projetos em curso na DMMT, utilizando-se, para esse efeito, vários indicadores de desempenho, como a distância total de viagem, o atraso médio, o atraso total, o tempo total de viagem, o tempo de marcha, a velocidade média global, o nível de serviço ou o volume de tráfego. Os *softwares* existentes para modelação de tráfego devolvem estes valores de forma automática.

A sinalização de trânsito horizontal e vertical é também revista com regularidade, no âmbito de obras de beneficiação, no seguimento de propostas internas ou como consequência de alertas dos cidadãos. Intervenções recentes na Rua do Bom Sucesso, na Rua de Cinco de Outubro ou na Rua do Dr. Sousa Rosa, por exemplo, permitiram estreitar vias de trânsito, melhorar a leitura dos sinais ou reduzir o comprimento das travessias

pedonais, medidas que estão correlacionadas com reduções na sinistralidade.

Desde 2018, a CMP tem vindo a prestar atenção aos conflitos gerados junto dos estabelecimentos escolares espalhados pelo Porto. Para o efeito, estão a ser criadas zonas *kiss & ride*, que são, no fundo, corredores segregados da restante faixa de rodagem, com velocidade máxima de 20km/h e paragem/estacionamento inferiores a 10min permitido, para tomada e largada de passageiros, o que garante mais segurança nas horas de chegada e saída dos alunos, utilizadores mais vulneráveis da via pública.

A colocação de balizas flexíveis na faixa de rodagem teve um aumento exponencial nos últimos anos, após a verificação da sua eficácia na canalização dos movimentos dos veículos, na segregação de vias de trânsito, na redução do estacionamento abusivo e na indução de um comportamento defensivo nos condutores num projeto piloto na Rua de Costa Cabral. Apesar da renitência inicial dos cidadãos, estes equipamentos têm um impacto efetivo na redução da velocidade e na melhoria da circulação viária.

Em maio de 2019 foi aprovado por unanimidade em reunião de Câmara o PMSR do Porto, desenvolvido internamente pelos serviços referidos. Este documento estabelece como metas a inexistência de vítimas mortais na rede viária municipal e a redução de 30% dos acidentes com vítimas até 2021, através da articulação entre várias entidades. A abordagem desenvolvida nos capítulos seguintes desta dissertação, os resultados obtidos e as propostas de ação poderão ser complementos relevantes para atingir essas metas.

Estes exemplos e estas vertentes de ação, das mais estratégicas às mais operacionais, das mais tecnológicas às mais informais, das mais disruptivas às mais sensibilizadoras, revelam como as autarquias têm alternativas para combater a sinistralidade rodoviária, focando-se em dois dos seus grupos de causas: a gestão/fiscalização/monitorização, por meio da sensorização, da integração de serviços ou do planeamento, e a estrada, por meio da infraestrutura ou da sinalização e equipamentos de segurança.

5. Aquisição, Tratamento e Interpretação de Dados

5.1. Dados de Sinistralidade

A DMMT recebe os registos da Polícia de Segurança Pública (PSP) sobre a sinistralidade rodoviária no Porto com frequência mensal em tabela de formato .xls. Esta partilha de informação está protocolada desde 2010, contudo a georreferenciação desses registos apenas começou a ser efetuada a partir do início de 2015. Aliado a esse facto, verificaram-se inúmeras falhas nas coordenadas em 2018, pelo que se decidiu trabalhar na presente tese apenas com os dados relativos ao período de três anos compreendido entre 2015 e 2017 que foram disponibilizados pela DMMT.

Em 193 atributos, os acidentes são descritos com um elevado nível de detalhe sobre os locais em que ocorreram, os períodos, as tipologias, os veículos envolvidos, as causas e as consequências humanas e materiais. Isto obrigou a um esforço de triagem das colunas com efetivo interesse num contexto académico, tendo-se definido a forma final enumerada no Anexo I. As tabelas foram compiladas em três ficheiros diferentes, um por cada ano em análise, projetadas no ArcGIS como listas de eventos, que depois foram guardadas numa *file geodatabase* como *feature classes*.

Visto que as coordenadas se encontravam no sistema WGS 84 Web Mercator, o que indica que a PSP deverá utilizar o Google Maps nesta matéria, efetuou-se a conversão das mesmas para PT-TM06/ETRS89, em graus decimais. Seguiu-se uma fase de correção da localização dos pontos e de normalização do formato do texto do arruamento, para que posteriormente pudesse ser mais fácil filtrar ou organizar acidentes consoante a toponímia. Houve o cuidado de estabelecer uma correspondência com os nomes utilizados no portal de informação geográfica da CMP (<https://mipweb.cm-porto.pt>).

Recorreu-se à Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) para, através da ferramenta de geoprocessamento *Clip*, obter o limite do concelho e, assim, ser possível compreender se existiam pontos fora do Porto, o que, efetivamente, se observou, pois a PSP pode ser chamada para ocorrências noutros municípios. Esses pontos foram eliminados, bem como pontos referentes a ocorrências dentro de parques de estacionamento, por não se localizarem na via pública. Não se fez distinção entre vias da jurisdição da CMP ou IP nesta fase. Algumas dessas vias estão realçadas no Anexo III.

Após este demorado processo, contabilizou-se um total de 13.924 acidentes rodoviários, com a distribuição que se pode visualizar na Figura 25, sendo 4.577 relativos a 2015 (32,87%), 4.614 relativos a 2016 (33,14%) e 4.733 relativos a 2017 (33,99%). Apesar de o HSM falar de como três anos de dados pode ser insuficiente para avaliar o fenómeno estatístico de regresso à média, que estabelece que a frequência de acidentes pode flutuar naturalmente, devendo essa aleatoriedade ser compensada pela análise de vários anos em conjunto, a realidade demonstra que a variação é, aqui, quase inexistente.

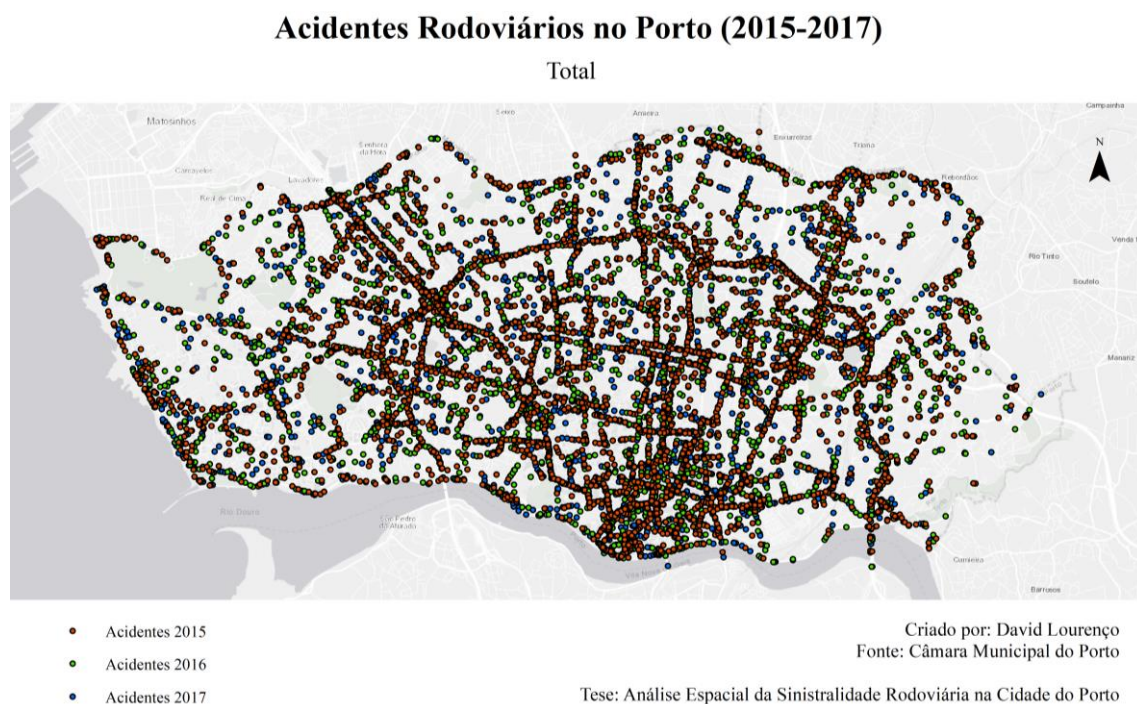


Figura 25: Acidentes rodoviários no Porto – Total

De seguida, utilizou-se a ferramenta *Merge*, para criar uma camada única com todos os registos. Tendo esta organização, efetuou-se um *Summarize* por arruamento em cada camada, tendo-se verificado que os arruamentos com mais acidentes em valor absoluto por ano e no triénio em análise foram os registados nas tabelas seguintes. A nível de jurisdição, é possível afirmar que 2.954 acidentes ocorreram em vias da IP, ou seja, apesar de esses arruamentos corresponderem a 13% da extensão total, contabilizam 21% dos acidentes do triénio.

Quadro 5: Arruamentos com mais acidentes – 2015

Posição	Arruamento	Acidentes	% do total
1	A20	469	10,2
2	EN12	270	5,9
3	A28	194	4,2
4	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Av. da)	118	2,6
5	FERNÃO DE MAGALHÃES (Av. de)	113	2,5
6	BOAVISTA (Av. da)	98	2,1
7	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Rot.)	60	1,3
8	CONSTITUIÇÃO (R. da)	53	1,2
9	MARECHAL GOMES DA COSTA (Av. do)	53	1,2
10	FARIA GUIMARÃES (R. de)	50	1,1

Quadro 6: Arruamentos com mais acidentes – 2016

Posição	Arruamento	Acidentes	% do total
1	A20	443	9,6
2	EN12	268	5,8
3	A28	177	3,8
4	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Av. da)	132	2,9
5	FERNÃO DE MAGALHÃES (Av. de)	93	2,0
6	BOAVISTA (Av. da)	87	1,9
7	MARECHAL GOMES DA COSTA (Av. do)	60	1,3
8	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Rot.)	58	1,3
9	CAMPO ALEGRE (R. do)	54	1,2
10	CONSTITUIÇÃO (R. da)	53	1,1

Quadro 7: Arruamentos com mais acidentes – 2017

Posição	Arruamento	Acidentes	% do total
1	A20	457	9,7
2	EN12	297	6,3
3	A28	206	4,4
4	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Av. da)	126	2,7
5	FERNÃO DE MAGALHÃES (Av. de)	99	2,1
6	BOAVISTA (Av. da)	78	1,6
7	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Rot.)	61	1,3
8	FARIA GUIMARÃES (R. de)	51	1,1
9	CONSTITUIÇÃO (R. da)	50	1,1
10	ALEGRIA (R. da)	48	1,0

Quadro 8: Arruamentos com mais acidentes – Total

Posição	Arruamento	Acidentes	% do total
1	A20	1.369	9,8
2	EN12	835	6,0
3	A28	577	4,1
4	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Av. da)	376	2,7
5	FERNÃO DE MAGALHÃES (Av. de)	305	2,2
6	BOAVISTA (Av. da)	263	1,9
7	ASSOCIAÇÃO EMPRESARIAL DE PORTUGAL (Rot.)	179	1,3
8	CONSTITUIÇÃO (R. da)	156	1,1
9	MARECHAL GOMES DA COSTA (Av. do)	149	1,1
10	AMIAL (R. do)	146	1,0

O que isto permitiu desde logo concluir foi que os arruamentos com mais acidentes em valor absoluto são genericamente os mesmos e têm características comuns: (i) extensão expressiva, (ii) classificação como eixo da rede rodoviária nacional, eixo urbano estruturante ou eixo urbano complementar na Carta de Hierarquia da Rede Rodoviária incluída na Planta de Ordenamento constante do PDM, (iv) velocidade máxima permitida superior à permitida dentro das localidades, e/ou (v) traínéis retilíneos, que incitam ao excesso de velocidade.

Filtrando os registos pelos atributos relativos ao número de vítimas, concluiu-se que houve vítimas em 2.900 dos acidentes, isto é, em 20,8% do total (Figura 26). Continuando a recorrer ao *Summarize*, percebeu-se que os arruamentos com mais acidente com vítimas foram a A20 (301), a EN12 (264), a A28 (97), a Avenida de Fernão de Magalhães (78) e a Avenida da Associação Empresarial de Portugal (72), o que é consistente com as tabelas anteriores, denotando a maior perigosidade das vias integrantes na rede nacional ou vias urbanas coletoras e distribuidoras principais.

Acidentes Rodoviários no Porto (2015-2017)

Acidentes com vítimas



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 26: Acidentes rodoviários no Porto – Acidentes com vítimas

Os acidentes com vítimas levam essencialmente ao que deve ser o objetivo desta análise: reduzir a gravidade dos acidentes. Perceber a sua tipologia é tão relevante como perceber onde ocorreram, pelo que essa visualização gráfica foi o passo seguinte. Estão definidas seis tipologias: atropelamentos, colisões, despistes, outras, quedas e quedas de objetos.

Cada uma destas é resumida num atributo relativo à sua causa, que as divide em questões mais específicas, em concordância com os Boletins Estatísticos de Acidentes de Viação

(BEAV) da ANSR, preenchidos pela Guarda Nacional Republicana (GNR) e PSP em cada sinistro, o que poderá ser interessante numa análise posterior mais fina, local a local.

Como na base de dados fornecida, a que corresponde a informação dos BEAV da PSP, se detetaram inconsistências entre o atributo da natureza dos acidentes e os atributos do número de vítimas (por exemplo, o registo 8 de 2015, na Praça da Galiza, está classificado como atropelamento, mas indica uma vítima do sexo masculino numa colisão), tomaram-se como referência esses campos, ao invés da classificação da natureza.

Assim, contaram-se 894 atropelamentos, 1.597 colisões, 427 despistes e 23 das restantes tipologias, que foram agregadas numa só camada, por serem pouco expressivas.

Na Figura 27 retratam-se os atropelamentos com vítimas. Numa análise por arruamento, estes concentram-se na EN12 (47), na Avenida da Boavista (24), na Avenida de Fernão de Magalhães (23), na Avenida do Marechal Gomes da Costa (21) e na Rua de Costa Cabral (15).

Em 2015 ocorreram 283, em 2016 ocorreram 308 e em 2017 ocorreram 303, pelo que a quantidade se manteve bastante semelhante ao longo do triénio, com um valor máximo registado em 2016. Destes, resultaram 1 morto numa passadeira e 1 morto fora de passadeira, tanto em 2015 como em 2016, não existindo qualquer morto em 2017.

Sobre a EN12, (i) pela sua extensão (33,35km de faixa), (ii) por as suas interseções serem niveladas, (iii) pelo excesso de velocidade praticado pelos condutores (o limite é 50km/h, apesar de ser uma estrada nacional) e (iv) por pertencer à IP (o que tem levado a um estado aparente de abandono a que os arruamentos dos municípios que a confinam não evidenciam), era expectável um lugar no pódio. Com a publicação do Decreto-Lei n.º 100/2018 a 28/11/2018, que enquadrará a transferência da EN12 para a(s) Câmara(s) que a envolvem, talvez sejam promovidas melhorias da infraestrutura ao nível local.

Quanto à Avenida do Marechal Gomes da Costa, é um arruamento longo, retilíneo, com duas vias de trânsito em cada faixa de rodagem, isto é, para cada sentido, o que induz o excesso de velocidade. A interseção com a Rua de João de Barros / Rua de António Galvão sobressai, com 4 pontos nas suas imediações. A sua geometria tipo rotunda furada é tipicamente difícil de compreender pelos condutores, podendo gerar maior sinistralidade (Costa *et al.*, 2008). Por causa disso, foi semaforizada integralmente em 2018, medida cujo impacto terá de ser monitorizado no futuro.

Tendo em consideração que a Rua de Costa Cabral é a rua mais comprida do Porto, com 3,05km desde a Praça do Marquês do Pombal à EN12, não é surpreendente que esteja nos primeiros 5 lugares quanto a atropelamentos com vítimas, apesar de estar quase totalmente classificada como acesso local no PDM. Os seus troços são extremamente diversos, albergando vários serviços, estabelecimentos comerciais e habitações, podendo ter dois sentidos ou apenas um, mas com corredor BUS no sentido inverso, no qual, desde julho de 2017, são também permitidos velocípedes, num projeto piloto da CMP.

Na Figura 28 estão representadas as colisões com vítimas. Fazendo um *Summarize* por arruamento, denota-se que houve 216 na A20, 169 na EN12, 74 na A28, 62 na Avenida da Associação Empresarial de Portugal e 48 na Avenida de Fernão de Magalhães.

Enquanto os atropelamentos com vítimas estão mais associados a arruamentos urbanos, da jurisdição da CMP, as colisões com vítimas estão mais associadas a velocidades elevadas na rede rodoviária nacional, inclusivamente o arruamento municipal com mais registos é o único nela incorporado.

A Avenida de Fernão de Magalhães tem a particularidade de ter muita capacidade, isto é, tem muitas vias e troços entre interseções extensos, o que possibilita a acomodação de um fluxo de tráfego maior, contudo raramente tem separador central, o que pode gerar colisões frontais e ajudar a explicar o quinto lugar nesta tipologia.

Das 1597 colisões totais, 490 ocorreram em arruamentos da jurisdição da IP (30,68%). Em 2015 ocorreram 502, em 2016 ocorreram 521 e em 2017 ocorreram 574, pelo que se tem registado um aumento progressivo. No total, morreram 6 pessoas devido a colisões.

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017) Colisões



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 28: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Colisões

Na Figura 29 distribuem-se espacialmente os despistes com vítimas. Os arruamentos com mais registos são: A20 (83), EN12 (49), A28 (23), Rua do Campo Alegre (11) e Avenida da Associação Empresarial de Portugal (8).

38,64% dos acidentes desta tipologia foram em arruamentos da jurisdição da IP, o que também pode ser explicado pelas elevadas velocidades praticadas, eventualmente em combinação com outros fatores.

Em 2015 ocorreram 136 despistes, em 2016 ocorreram 132 e em 2017 ocorreram 159. Como consequência de despistes, houve 3 mortos dentro do limite do concelho do Porto.

Dessas, 3 ocorreram em 2015, 11 em 2016 e 9 em 2017. Não houve mortes nestas tipologias de acidentes no triénio.

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Outras tipologias



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 30: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Outras tipologias

De seguida, separaram-se os acidentes de acordo com a gravidade das vítimas, dividindo-os entre acidentes que envolveram mortos (Figura 31), feridos graves (Figura 32) ou feridos leves (Figura 33). No primeiro grupo verificaram-se 13 entradas, com maior incidência na VCI, onde se localizaram 5 desses acidentes, todos com 1 morto. No segundo grupo, a distribuição foi de 42 acidentes, com 4 na VCI e 4 na EN12. No terceiro grupo, houve 2.849 registos, com 296 na A28 e 259 na EN12, sendo, de longe, os arruamentos mais representados.

Isto demonstra existir uma relação inequívoca entre a gravidade do acidente e a velocidade máxima permitida. De facto, a probabilidade de morte aumenta de 16% a 40km/h exponencialmente para 100% a 80km/h (2011).

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Com feridos leves



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 33: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com feridos leves

Tal como foi referido no capítulo 2.3, a ANSR define uma metodologia para suportar os objetivos quantitativos para a diminuição da sinistralidade rodoviária no âmbito dos PMSR através do conceito de Índice de Gravidade (IG).

O IG resume-se à atribuição de pesos diferentes a cada acidente consoante a gravidade das lesões das vítimas. O seu valor serve também de base à identificação dos pontos negros, ou, no fundo, Zonas de Acumulação de Acidentes (capítulo 3.2).

Seguindo esse conceito, foi, nesta fase, elaborado o mapa de IG da Figura 34, usando a camada de acidentes com vítimas e criando-se um novo atributo, tendo-se adaptado a Equação 1 no *Field Calculator*.

Os que envolveram vítimas mortais estão claramente destacados a vermelho, com um IG de 100. De seguida, estes dados serão usados para, recorrendo a SIG, se tentar visualizar pontos negros na rede.

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017) Índice de Gravidade

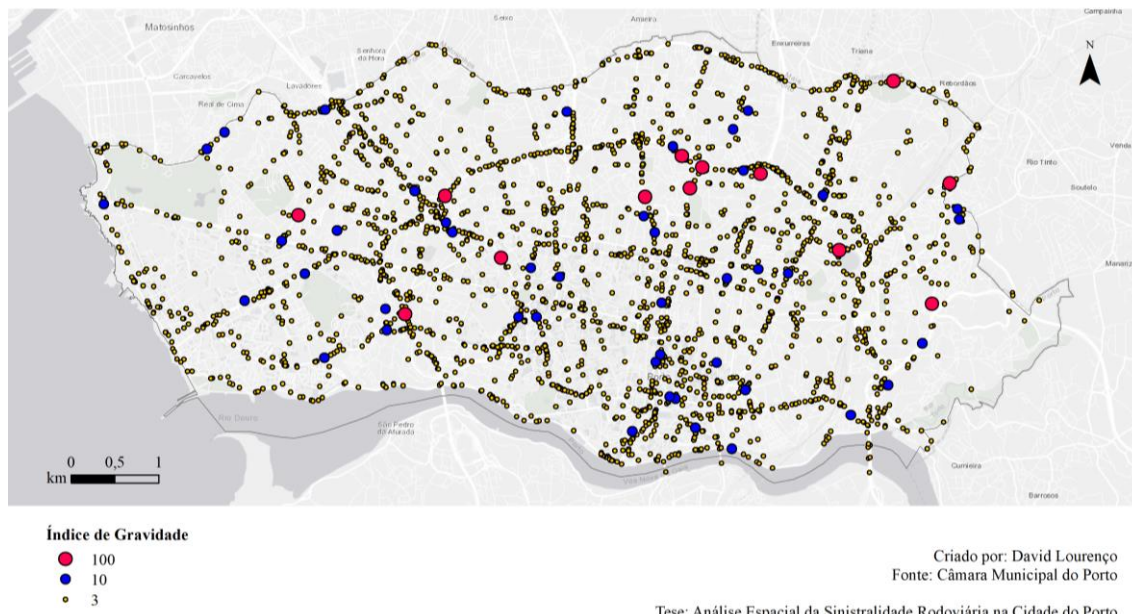


Figura 34: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Índice de gravidade

Como a base de dados é bastante completa em termos de caracterização dos motivos que conduziram aos acidentes, foi possível determinar se a causa do sinistro se deveu ao veículo, à estrada, ao ser humano ou ao clima, tal como descrito na Figura 2.

O que se obteve foram mapas que realçam os acidentes com vítimas por defeitos mecânicos (Figura 35), por mau estado do pavimento (Figura 36), por excesso de velocidade (Figura 37), por excesso de álcool (Figura 38), por manobras de condução perigosas (Figura 39) e que ocorreram sob condições meteorológicas adversas.

Os acidentes motivados por falhas nos veículos são apenas 10. As vítimas poderão ter resultado de colisões ou despistes motivados por defeitos mecânicos, mas também, especula-se, pela saída dos condutores ou passageiros dos veículos em condições de visibilidade e segurança fracas, nomeadamente nos 3 que tiveram lugar na A20.

Apesar de ser limitativo enquanto descrição do estado da infraestrutura, a existência de um atributo relativo à conservação do pavimento aquando dos acidentes com vítimas do triénio é relevante e um indicador linear da necessidade de intervenção na estrada pela entidade gestora. Dos 9 acidentes com esta causa, 3 deram-se na jurisdição da IP e 6 na jurisdição da CMP. Seria interessante perceber quantos acidentes com vítimas ocorreram por falta de sinalização adequada ou mau estado da mesma, seja horizontal, vertical ou luminosa.

A referência ao excesso de velocidade como motivo tem sido recorrente ao longo do capítulo e aqui fica demonstrado que é a segunda causa dos acidentes com vítimas (1.021). Para além disso, é evidente, na Figura 37, que as vias da rede rodoviária nacional têm mais registos, realçando-se a A20, a A28 e a Avenida da Associação Empresarial de Portugal, por terem uma configuração de autoestrada, com interseções desniveladas e limites elevados, mas também a EN12, que tem faixas de rodagem largas e segregadas em grande parte da sua extensão e troços retilíneos longos, mas limite de apenas 50km/h.

A taxa de álcool no sangue é também um fator de risco associado ao comportamento dos condutores que conduz a acidentes com vítimas (45 no total). Estes têm já bastante incidência dentro da cidade; efetuando uma operação de *Spatial Join* com a CAOP como alvo desta camada, conta-se 14 acidentes dentro da União de Freguesias (UF) do Centro Histórico, a mais representada, podendo estar, assim, relacionados com a animação noturna da Baixa do Porto (de facto, os pontos na Rua de Alexandre Herculano, Rua do Paraíso ou Rua do Duque de Loulé foram de madrugada).

O motivo mais frequente dos acidentes com vítimas é a realização de manobras perigosas com os veículos (1.758). Na base de dados, estas encontram-se especificadas entre inversões de marcha, travagens repentinas, desrespeito pelas regras de prioridade, etc., tendo sido agregadas num só mapa (Figura 39), por efeitos de representatividade. A sua dispersão no concelho é mais homogénea, porque é um fator mais genérico, sem particular interdependência com outros.

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Por problemas mecânicos



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 35: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por problemas mecânicos

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Por estado deficiente do pavimento



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 36: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por mau pavimento

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017) Por excesso de velocidade

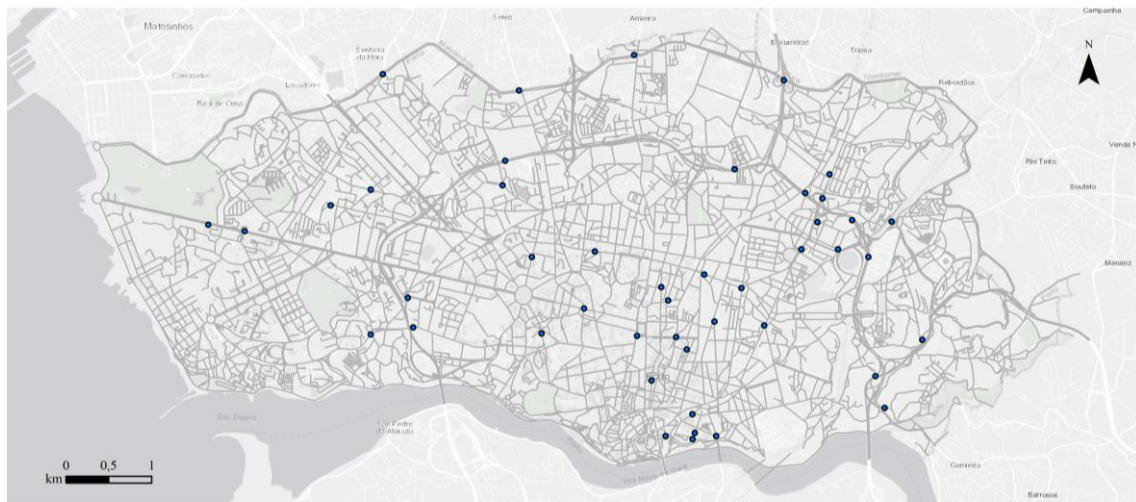


Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 37: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por excesso de velocidade

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017) Por taxa de álcool superior a 0,5g/l



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 38: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por excesso de álcool

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Por manobras perigosas e outros



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 39: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por condução perigosa

Relativamente às condições atmosféricas, não existiam dados associados a estes registos. Contudo, consultando um website de referência (www.wunderground.com), foi obtido um histórico dos valores da temperatura, do orvalho, da humidade, do vento e da precipitação, em média, para cada dia do triénio, da estação meteorológica do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Convencionou-se que, destes, os atributos que poderão ter mais influência na condução serão a intensidade do vento e da precipitação, pelo que se construiu um ficheiro .xls com os mesmos para o triénio.

O Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) divide a intensidade do vento nas seguintes classes:

- Vento fraco, < 15km/h;
- Vento moderado, 15 a 35km/h;
- Vento forte, 36 a 55km/h;

- Vento muito forte, 56 a 75km/h;
- Vento excepcionalmente forte, > 75 km/h.

Tendo estes valores em conta, e após um *Join* do .xls para a camada de acidentes com vítimas, chegou-se ao mapa plasmado na Figura 40. O vento foi fraco em 55 dias do triénio (5%) e, nesses dias, houve 153 acidentes com vítimas (5%). A maioria dos registos ocorreu sob vento moderado (2.121, ou seja, 73%), condição atmosférica que se verificou em 759 dias do triénio (69%).

Em suma, a classe de vento mais frequente é a que soma mais acidentes com vítimas e praticamente na mesma percentagem, evidenciando que há uma proporção direta entre este parâmetro e a sinistralidade rodoviária, o que, por sua vez, também significa que uma intensidade forte do vento não implica o aumento do número de acidentes.

O IPMA estabelece a intensidade da precipitação líquida em três classes:

- Chuva fraca, < 0,5 mm/h;
- Chuva moderada, 0,5 a 4 mm/h;
- Chuva forte, > 4 mm/h.

Desta forma, a partir dos valores da precipitação média diária obtidos anteriormente, calculou-se a precipitação horária, dividindo-se por 24h. Tendo associado estas colunas à camada da sinistralidade, desenhou-se o mapa da Figura 41. Considerando que a chuva foi fraca em 986 dos 1.096 dias do triénio (90%) e que 2.597 dos 2.900 acidentes com vítimas (90%) se deram com essa gama de valores de precipitação, também aqui a estatística de um parâmetro acompanha a do outro. Numa análise mais fina à tabela de atributos, apurou-se que nenhum dos 13 acidentes com vítimas mortais (Figura 31) se sucedeu com chuva forte e apenas 1 com chuva moderada.

Os condutores terão, assim, cuidado redobrado na condução sob meteorologia adversa.

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Por intensidade do vento



Intensidade do vento (km/h)

- 0,0 - 15,0 (153)
- 15,1 - 35,0 (2.121)
- 35,1 - 55,0 (556)
- 55,1 - 75,0 (63)
- 75,1 - 100,0 (7)

Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 40: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por intensidade do vento

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Por intensidade da chuva



Intensidade da chuva (mm/h)

- 0,0 - 0,5 (2.597)
- 0,6 - 4,0 (299)
- 4,1 - 5,0 (4)

Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 41: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Por intensidade da chuva

A acrescentar às análises à distribuição por arruamento, à tipologia, à gravidade e às causas dos acidentes com vítimas, impôs-se realizar uma análise aos tipos de veículos envolvidos. Utilizando-se as classes expostas no Código da Estrada, optou-se por se elaborar mapas que realçassem a dispersão dos acidentes com vítimas com ligeiros, pesados, motociclos/ciclomotores e velocípedes.

Tal como se notou no capítulo 4.1, 48,0% das deslocações no Porto efetuam-se com recurso ao automóvel. Contudo, estiveram relacionados com 2.545 dos 2.900 acidentes com vítimas (87,7%), com a dispersão da Figura 42. Podemos, então, atribuir-lhe uma perigosidade elevada, sendo os arruamentos mais representados a A20 (278), a EN12 (239), a A28 (86), a Avenida de Fernão de Magalhães (74) e a Avenida da Boavista (67).

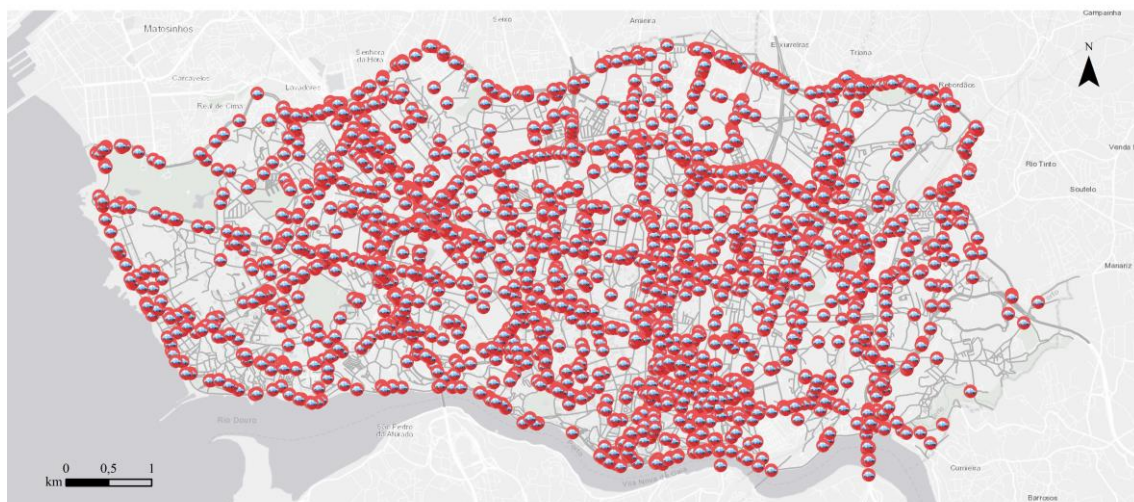
Os pesados, para além do seu peso e da sua lotação, podem ser caracterizados pelo seu uso, seja para transporte de mercadorias ou de passageiros. Esta distinção é omissa da base de dados. Ainda assim, é determinável que houve 153 acidentes com vítimas – Figura 43 – que abrangeram estes veículos, muitos dos quais se situaram na UF do Centro Histórico, o que pode ser sintomático dos desafios de conduzir autocarros nessa zona.

Houve 603 acidentes com vítimas em que estiveram implicados motociclos e ciclomotores (Figura 44). Isto significa que um meio de transporte com a expressão de 1,1% das deslocações no município afetou 20,7% do total de 2.900 sinistros, o que é uma disparidade muito relevante. Claramente, o planeamento da mobilidade urbana e a sensibilização dos condutores exige um foco nesta matéria.

Quanto aos velocípedes (Figura 45), que representam apenas 0,4% das deslocações dentro do Porto, estão ligados a 143 acidentes com vítimas (4,9% do total). A vulnerabilidade das bicicletas é corroborada pela elevada sinistralidade. A EN12 é o arruamento com mais registos; apesar de ser muito usado por ciclistas, não lhes oferece segregação do tráfego ou equipamentos de segurança específicos. Esta figura evidencia linhas de desejo.

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Veículos ligeiros



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 42: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com veículos ligeiros

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Veículos pesados



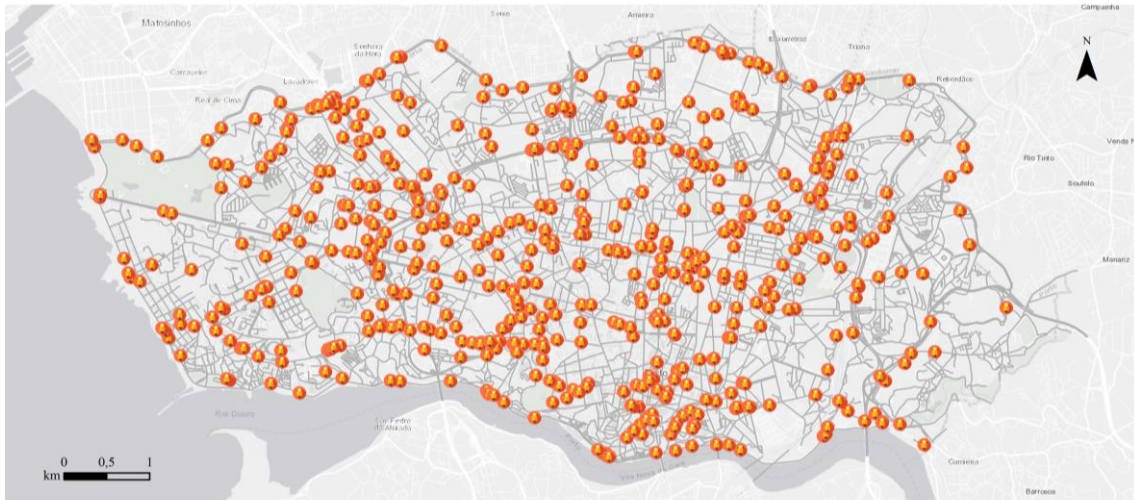
Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 43: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com veículos pesados

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Motociclos e ciclomotores



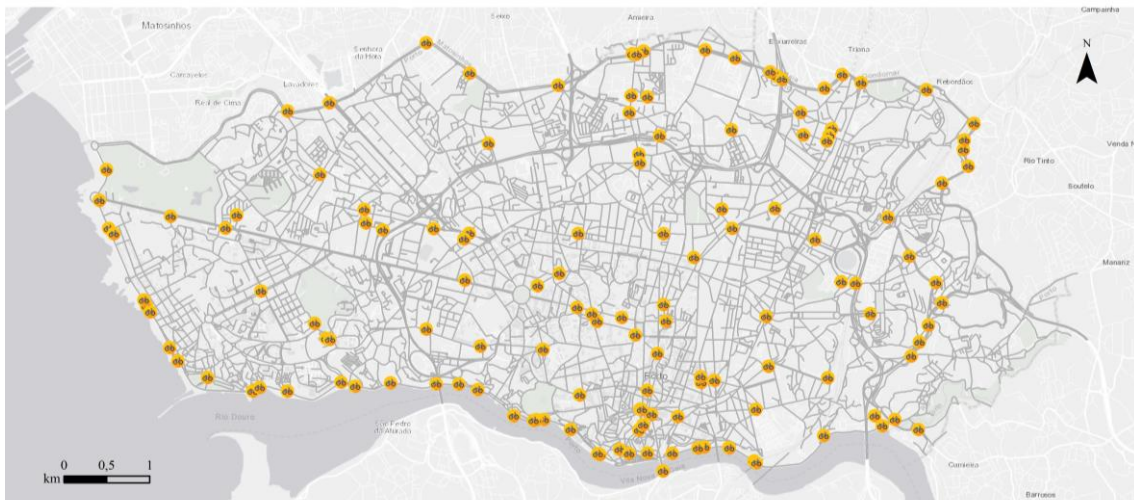
Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 44: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com motociclos e ciclomotores

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

Velocípedes



Criado por: David Lourenço
Fonte: Câmara Municipal do Porto

Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 45: Acidentes rodoviários com vítimas no Porto – Com velocípedes

Por último, foi efetuada uma análise horária aos acidentes com vítimas. Existindo um atributo relativo ao período em que cada ocorrência teve lugar, ativou-se o tempo na camada (menu *Time* em *Layer Properties*) e recorreu-se à janela *Time Slider*. Selecionou-se um intervalo de uma hora, para obter um vídeo de 24 fotogramas, apurando-se a distribuição dos acidentes com vítimas ao longo do dia.

Verificou-se que esta ferramenta tem a desvantagem de considerar em dois intervalos consecutivos registos cujo período esteja no limite entre ambos, isto é, um acidente que tenha acontecido às 02:05 aparece no intervalo das 01:05 às 02:05 e no intervalo das 02:05 às 03:05, o que dilatou o número de acidentes com vítimas de 2.900 para 3.074.

Não obstante, o vídeo permite compreender a grandeza de escala a que os acidentes se dão consoante o período o dia, como se percebe pela Figura 46, na qual está plasmado o período mais crítico, das 19:05 às 20:05, no qual há 225 pontos. No Anexo II estão os fotogramas de todos os períodos horários.

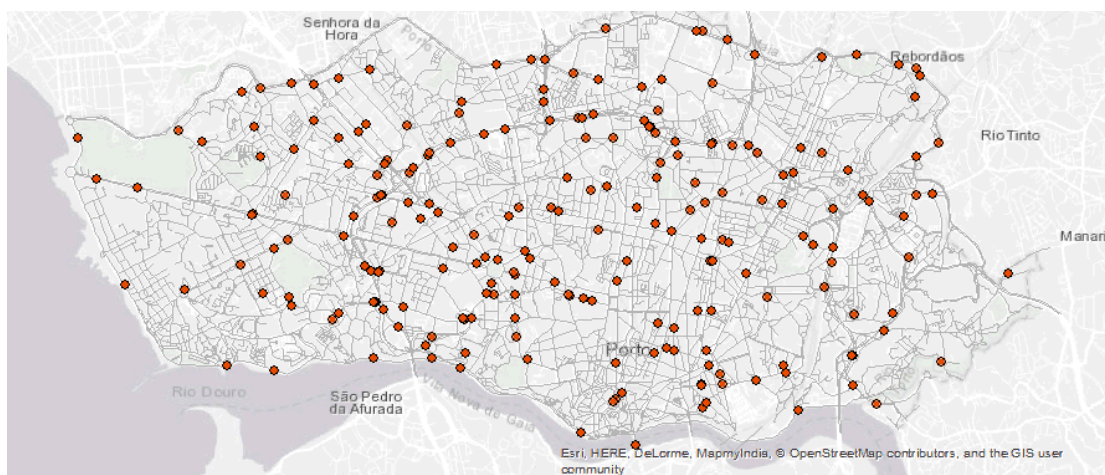


Figura 46: Fotograma de vídeo dos acidentes com vítimas por hora (19:05 às 20:05)

Os registos por período horário apresentam-se de seguida, no Quadro 9. Existem claramente dois grupos de valores, os diurnos e os noturnos. Entre as 08:05 e as 21:05 há bastante mais acidentes com vítimas do que no resto do dia, sendo o período compreendido entre as 04:05 e as 05:05 aquele com menos sinistralidade.

Quadro 9: Acidentes com vítimas por hora

Hora	Acidentes com vítimas
00:05 - 01:05	62
01:05 - 02:05	37
02:05 - 03:05	18
03:05 - 04:05	28
04:05 - 05:05	17
05:05 - 06:05	28
06:05 - 07:05	28
07:05 - 08:05	83
08:05 - 09:05	174
09:05 - 10:05	184
10:05 - 11:05	172
11:05 - 12:05	164
12:05 - 13:05	179
13:05 - 14:05	201
14:05 - 15:05	205
15:05 - 16:05	217
16:05 - 17:05	214
17:05 - 18:05	222
18:05 - 19:05	218
19:05 - 20:05	225
20:05 - 21:05	164
21:05 - 22:05	101
22:05 - 23:05	83
23:05 - 00:05	50

5.2. Dados de Tráfego

O SGM.CMP dispõe de vários sensores, nomeadamente as botoneiras – dispositivos acoplados às colunas que enviam pedidos de peões aos controladores, para serem ajustados os tempos das fases do plano semaforico – e as espiras – dispositivos integrados

nos pavimentos que podem interpretar a passagem de veículos para pedir aos controladores o ajuste das fases (adaptativas), mas também podem medir as filas de espera (de cauda) ou registar o volume de tráfego, ou seja, o número de veículos que atravessa a secção em que estão implantadas (contadoras). Utilizando estas últimas, a DMMT determina que a distribuição do volume/hora em dias úteis seja a refletida no Quadro 10.

Quadro 10: Distribuição do volume de tráfego por hora

Hora	Volume de tráfego (%)
00:00 - 01:00	1,9
01:00 - 02:00	1,1
02:00 - 03:00	0,7
03:00 - 04:00	0,5
04:00 - 05:00	0,4
05:00 - 06:00	0,5
06:00 - 07:00	0,8
07:00 - 08:00	2,4
08:00 - 09:00	6,9
09:00 - 10:00	6,7
10:00 - 11:00	5,9
11:00 - 12:00	5,6
12:00 - 13:00	5,7
13:00 - 14:00	5,7
14:00 - 15:00	6,3
15:00 - 16:00	6,4
16:00 - 17:00	6,4
17:00 - 18:00	6,8
18:00 - 19:00	6,9
19:00 - 20:00	6,6
20:00 - 21:00	5,5
21:00 - 22:00	4
22:00 - 23:00	3,4
23:00 - 00:00	2,9

Isto evidencia que não existem horas de ponta formais no Porto, mas antes um período

diurno de tráfego constante, durante o qual, em algumas vias, poderá ter sido ultrapassada a barreira de 80% da sua capacidade (2017a), a partir da qual a velocidade média dos veículos começa a decrescer de forma abrupta e se pode considerar a ocorrência de congestionamento. Apesar de existirem picos de 6,9% do total do volume nos períodos 08:00-09:00 e 18:00-19:00, entre as 08:00 e as 21:00 a percentagem situa-se sempre acima de 5%. Entre as 04:00 e as 05:00 verificar-se-á o menor volume de tráfego.

Conjugando os dados do Quadro 9 com os do Quadro 10, elaborou-se um gráfico de linhas com dois eixos verticais, para sobrepor a evolução de ambos os fatores ao longo do dia, que se pode ver na Figura 47. Conclui-se o óbvio, existe uma correlação entre o número de acidentes e o volume de tráfego, mas mais: não só se percebe que há uma grande diferença entre o período diurno e o noturno, como também que a evolução das linhas é praticamente igual.

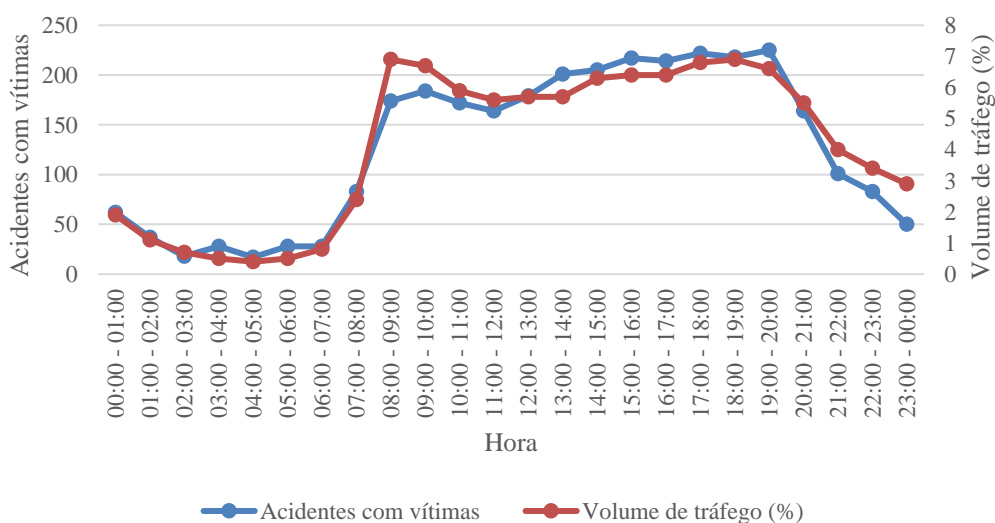


Figura 47: Relação entre os acidentes com vítimas e o volume de tráfego

Estes volumes de tráfego medidos por espiras contadoras são reais e representativos, sendo organizados e disponibilizados pelo subsistema SWOFT do SGM.CMP, contudo não estão disponíveis em todos os arruamentos. Neste sentido, a afetação de tráfego do modelo macroscópico construído pela DMGMT, mencionado no capítulo 4.3, permitiu

estimar o volume horário de ponta (VHP) em todos os arcos (troços) desenhados, o que possibilita uma compreensão mais abrangente de como o tráfego se distribui pela cidade, em especial nas horas de ponta (HPM e HPT) definidas neste âmbito da modelação.

Para a presente tese, foi efetuada uma exportação para *shapefile* desses dados associados aos arcos, através do *software* Visum. Com isso, foi possível calcular a TMDA estimada pelo modelo macroscópico para todos os arruamentos da cidade, utilizando-se a Equação 3. Para os fatores K (proporção do VHP em relação ao tráfego diário) e D (proporção do volume de tráfego na direção principal durante o VHP) consideraram-se os valores 0,12 e 0,6, respetivamente (máximo para vias urbanas, consoante Quadro 11).

$$TMDA = \frac{VHP}{K * D} \quad 3$$

Quadro 11: TMDA – Fatores

Tipo de via	K	D
Rural	0,15 – 0,25	0,65 – 0,80
Suburbana	0,12 – 0,15	0,55 – 0,65
Urbana – Via radial	0,07 – 0,12	0,55 – 0,60
Urbana – Via circular	0,07 – 0,12	0,50 – 0,55

O resultado final foi o mapa que se apresenta na Figura 48, no qual se pode consultar a TMDA em cada arruamento calculada com base na VHP estimada através da modelação de tráfego. Identifica-se que os troços por onde passam mais veículos todos os dias são, de uma forma geral, os que cercam a ponte da Arrábida e a ponte do Freixo, e outros da rede rodoviária nacional, na VCI, na A3, na EN 12 ou na EN14, com valores de TMDA entre os 30.000 e os 80.000.

Nos arruamentos da responsabilidade da CMP, sobressaem alguns pontos de entrada/saída, como a Avenida da Associação Empresarial de Portugal, a Rua do Ouro, a Via Panorâmica, bem como alguns troços em eixos classificados no PDM, como na Rua

de Gonçalo Sampaio, na Praça da República, na Rua de D. Manuel II, na Rua do Duque de Loulé, na Rua de Santos Pousada, entre outros, com valores de TMDA entre os 20.000 e 30.000 veículos por dia.

Para além de clarificar quais os eixos onde passam mais e menos veículos, este mapa pode servir de base para várias análises no âmbito da gestão de tráfego e da segurança rodoviária.

Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) no Porto

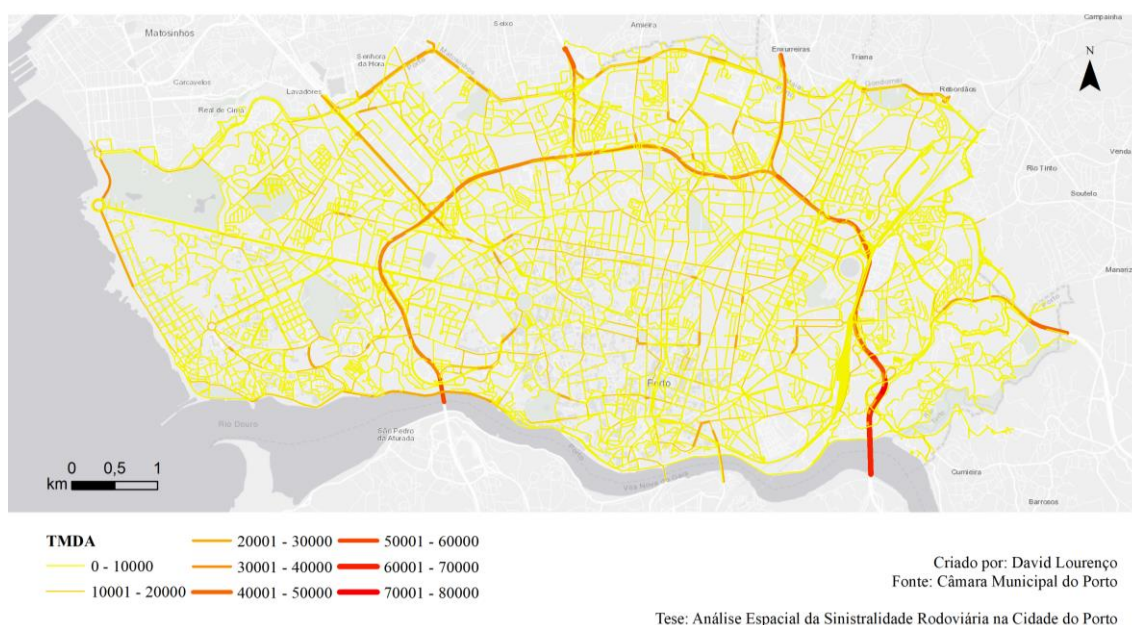


Figura 48: Tráfego médio diário anual no Porto

De seguida, irão ser determinadas as ZAAs e, posteriormente, propostas alterações que possam contribuir para reduzir esses números.

Se algumas dessas ZAAs englobarem interseções, será fácil perceber se a sua disposição é a mais adequada tendo em conta a TMDA dos tramos e a Figura 22.

5.3. Zonas de Acumulação de Acidentes

Com os dados de sinistralidade e de tráfego organizados e interpretados, avançou-se para a aplicação de métodos de identificação de Zonas de Acumulação de Acidentes (ZAAs) de engenharia, mas também de funções estatísticas que permitissem mapear essas mesmas zonas, recorrendo a SIG.

Tendo em conta o que se explorou no estado de arte, nomeadamente no capítulo 3, começou-se por se estimar a densidade kernel dos acidentes com vítimas, para visualizar onde se concentram de forma mais evidente, o que também corporiza os locais com mais suscetibilidade de ocorrência de acidentes. Depois de várias tentativas, concluiu-se que o tamanho de célula mais adequado seria 10m e a distância ao centro seria 100m.

A escala de cores vermelhas da Figura 49 dá destaque máximo a um ponto da rede municipal: a interseção giratória do Amial. No segundo patamar temos a interseção Avenida do Marechal Gomes da Costa / Rua de João de Barros. Num terceiro lugar de prioridade temos vários locais, como a Avenida de D. Manuel II (em frente ao Palácio de Cristal), a Praça de Almeida Garrett, o troço sul do Campo de 24 de Agosto, a Praça da Galiza (do lado da Rua de Júlio Dinis), a interseção Via Panorâmica / Rua do Campo Alegre, o entroncamento Rua do Campo Alegre / Beco do Campo Alegre, entre outros.

Sobre os pontos negros dentro do concelho do Porto inspecionados pela ANSR (Quadro 4), o troço entre os 1,35km e os 1,43km da EN12 não tem relevo e o troço entre os 10,60km e os 10,80km da A20 apenas aparece com a cor vermelha menos intensa, ou seja, não é dos mais prioritários.

Estando o conceito de índice de gravidade disseminado como uma referência na normalização do peso a atribuir a cada acidente rodoviário, e tendo sido elaborado o mapa da Figura 34 com os dados relativos à sinistralidade no Porto entre 2015 e 2017, estimou-se a densidade kernel também para este fator (Figura 50), considerando 200m de raio.

Estimativa de Densidade Kernel

Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)



Figura 49: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com vítimas

Estimativa de Densidade Kernel

Índice de Gravidade dos Acidentes Rodoviários com Vítimas no Porto (2015-2017)

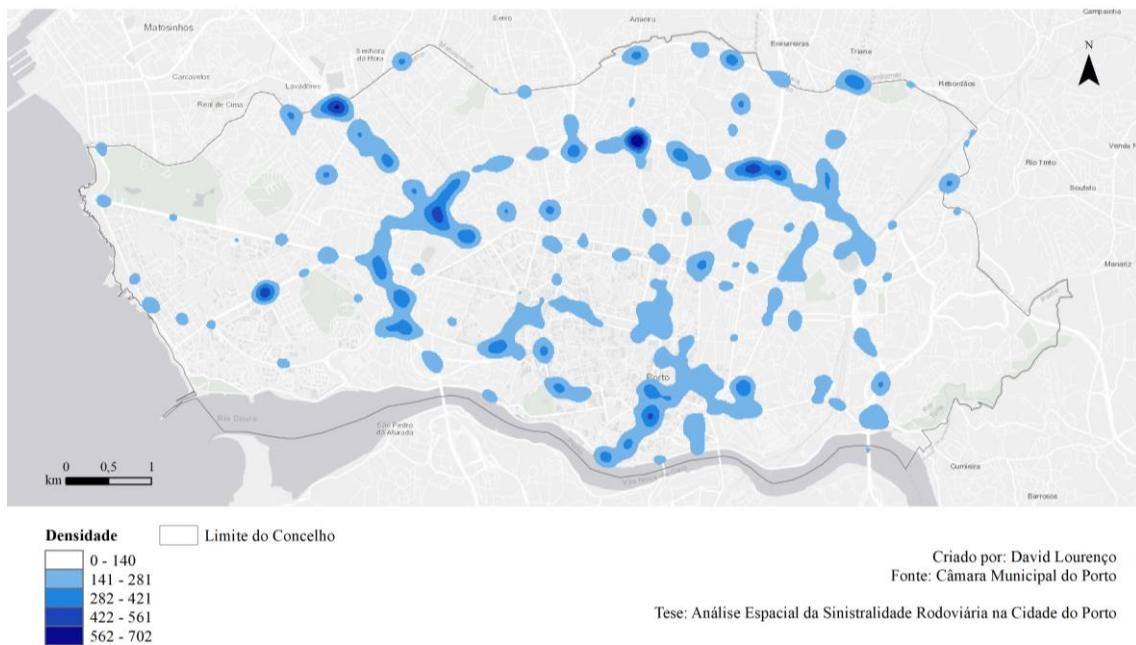


Figura 50: Estimativa de densidade kernel – Índice de Gravidade

Denotam-se algumas alterações no destaque dos locais mais críticos, nomeadamente com uma escala de cor azul mais carregada na Rotunda da AEP, na Rotunda do Bessa e em vários troços da VCI, como a interseção desnivelada com a Rua de Faria Guimarães. Contudo, a interseção giratória do Amial, a interseção Avenida do Marechal Gomes da Costa / Rua de João de Barros ou a Praça de Almeida Garrett permanecem prioritárias. Apesar de não existirem registos de vítimas mortais nas imediações destes pontos, a frequência dos acidentes e alguns feridos graves são o suficiente para os fazer sobressair.

Como o IG é um parâmetro variável consoante o registo, faz sentido comparar a densidade com uma análise *hot spot*. Então, recorrendo à função Getis-Ord G_i^* , obteve-se o mapa da Figura 51, que realça, primariamente, a interseção desnivelada da VCI com a Rua de Faria Guimarães. Nessa zona, as observações têm valores semelhantes aos valores da sua vizinhança (média local), estando as realçadas a vermelho muito acima dos valores do resto da cidade (média global).

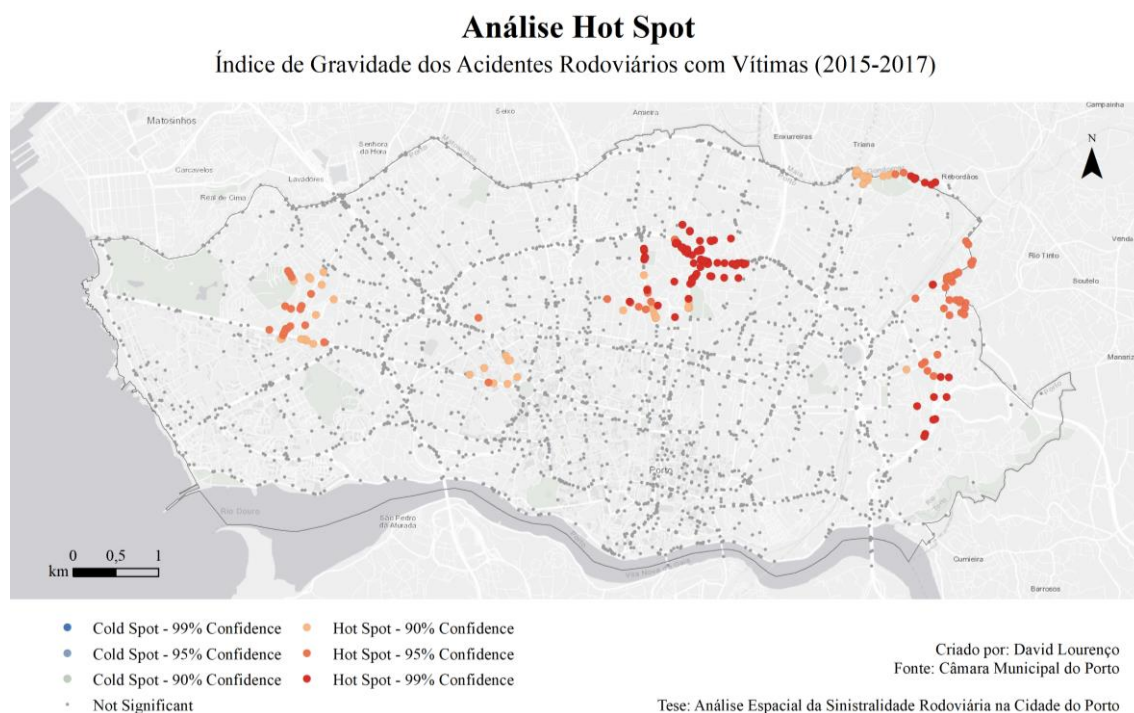


Figura 51: Análise *hot spot* – Índice de Gravidade

O z-score varia sensivelmente entre 4 e 7, para p-value nulos, com 99% de confiança. Usou-se a distância Euclidiana e método de conceptualização de relações espaciais entre entidades de banda de distância fixa. Neste método cada entidade é analisada no contexto de entidades vizinhas. As que estiverem dentro da distância especificada recebe um peso de valor 1 e as que estiverem fora recebem valor igual a 0. Assim, as entidades dentro da distância exercem influência sobre os cálculos e os que estão fora não têm qualquer relevo naquela vizinhança (Moniz, 2017).

A definição de ZAA através do coeficiente de risco (R_k – Equação 4) utilizado na Áustria é um conceito que relaciona a frequência dos acidentes com a TMDA, dados que foram explorados no capítulo anterior. Como tal, efetuou-se um *Spatial Join* (análise JOIN ONE TO ONE, opção de combinação de WITHIN A DISTANCE, com raio de procura de 10m) entre a camada onde foi calculado esse parâmetro de volume e a camada dos acidentes com vítimas. Em vez de se considerar troços de 250m, simplesmente foram usados os eixos da cartografia digital da CMP.

$$R_k = \frac{U}{0,5 + 7 * 0,00001 * TMDA} \quad 4$$

- U – Número de acidentes com vítimas nos últimos 3 anos

Após essa operação espacial, obteve-se uma nova camada, na qual se verificou que à maioria dos troços podem ser atribuídos menos de 6 acidentes do total do triénio. Tendo também a TMDA, calculou-se o R_k para cada troço, numa nova coluna da tabela de atributos. Pela sua definição, qualquer eixo com um coeficiente de risco superior a 0,8 pode ser considerado uma ZAA. O que se conclui com o resultado final da Figura 52 é que, estando a trabalhar em ambiente urbano, numa malha densa, com dados de 3 anos, uma grande porção dos arruamentos são realçados, derrotando, em certa medida, o objetivo de estabelecer locais de ação municipal prioritária. Com esta metodologia, considerando como troços críticos os que tiverem, por exemplo, um R_k superior a 10,0 parece mais útil. Nessa lógica, destacam-se, na jurisdição da CMP: (i) Avenida dos

Aliados, (ii) Praça de Almeida Garrett, (iii) eixo da Praça de D. João I ao Túnel dos Almadas, (iv) Rua de Fernandes Tomás (troço compreendido entre a Rua de Alexandre Braga e o Campo de 24 de Agosto), e (v) troço poente e sul do Campo de 24 de Agosto, incluindo a inserção na Rua do Bonfim.

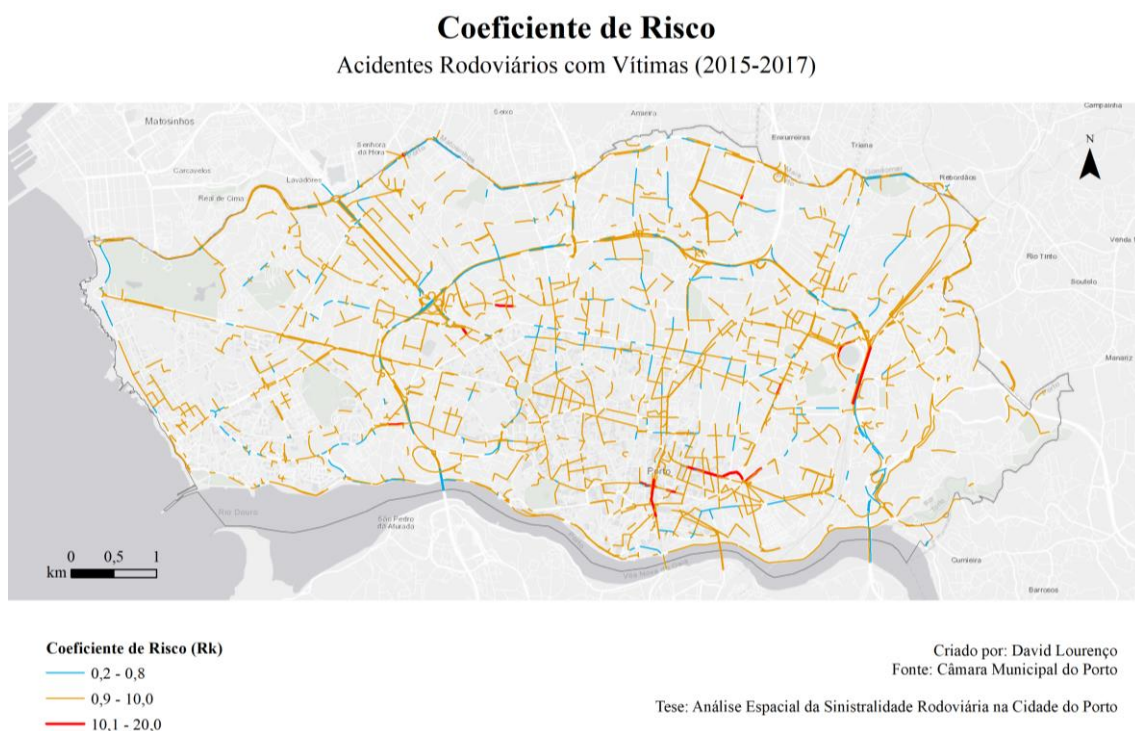


Figura 52: Coeficiente de risco

A maioria destes locais já foram focados nas análises anteriores, por isso há padrões claros, mas a TMDA não é particularmente elevada em todos eles. Tomando o caso da Rua do Sargento Abílio, a TMDA é inferior a 10.000, logo, existindo uma relação evidente, como provado na Figura 47, entre o volume de tráfego e o número de acidentes, não seria expectável que o coeficiente de risco ultrapassasse 10,0. Pode-se afirmar que locais com um coeficiente de risco alto e uma TMDA baixa poderão exigir uma caracterização e monitorização especiais a curto prazo.

A estimativa de densidade kernel revela-se o método de identificação de ZAAs mais perceptível, transmitindo uma ideia clara dos locais onde a sinistralidade rodoviária é

elevada. Por conseguinte, propõe-se a sobreposição ponderada das densidades calculadas da frequência dos acidentes e do índice de gravidade dos acidentes para seleção das ZAAs (Figura 53).

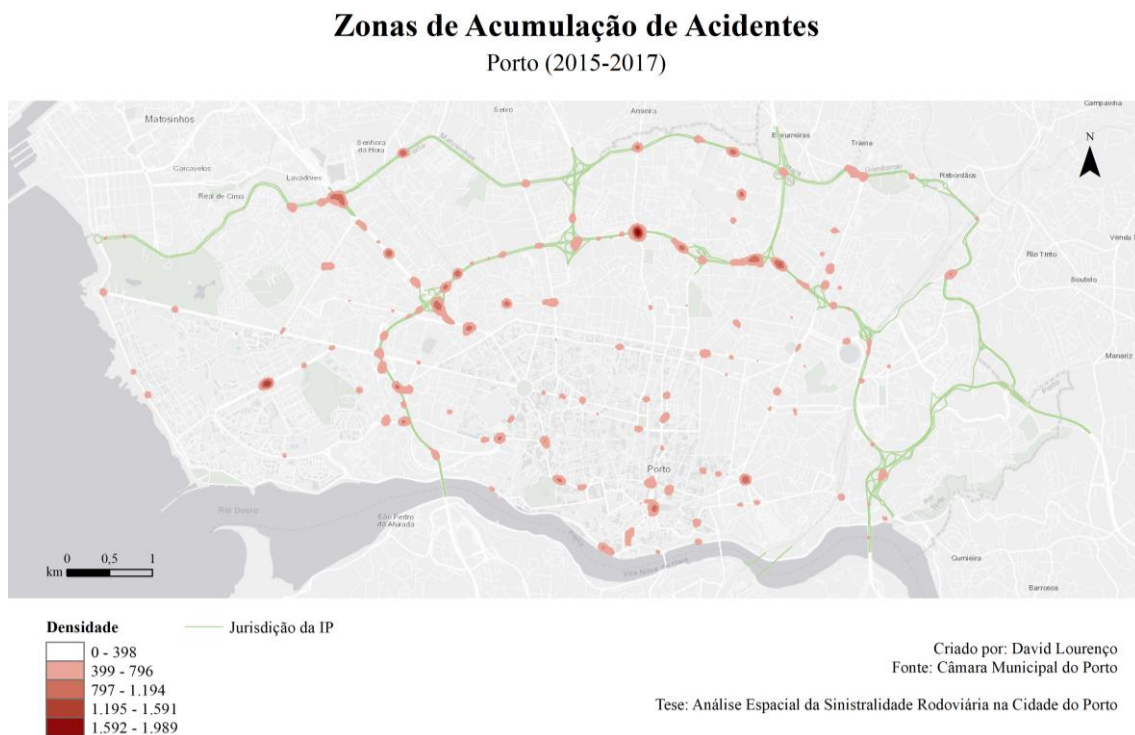


Figura 53: Zonas de acumulação de acidentes no Porto

Esta sobreposição baseia-se no recurso à ferramenta *fuzzy overlay* do ArcGIS, que estuda a relação entre análises diferentes do mesmo fenómeno num ambiente multicritério, no qual foram considerados diversos fatores (neste caso, a frequência e o IG). O resultado é muito semelhante ao da Figura 49, contudo a interseção giratória do Amial e a interseção Avenida do Marechal Gomes da Costa / Rua de João de Barros aparecem ainda mais realçadas. No intervalo seguinte encontram-se a Rua de D. Manuel II (em frente ao Palácio de Cristal), a Praça de Almeida Garrett, o troço sul do Campo de 24 de Agosto, a Praça da Galiza (do lado da Rua de Júlio Dinis), a interseção Via Panorâmica / Rua do Campo Alegre, o entroncamento Rua do Campo Alegre / Beco do Campo Alegre, pontos centrais da Avenida da AEP ou a Rotunda do Bessa.

Com isto, transmite-se uma ideia clara dos locais que merecem especial atenção da parte das entidades gestoras e fiscalizadoras das vias, no sentido de identificar fatores críticos e delinear intervenções pontuais, mas também maior precaução dos utentes, que, através de comportamentos mais defensivos, podem contribuir diretamente para a redução destas estatísticas.

Na Figura 54 representa-se, na forma de um fluxograma, o processo resumido para a definição de ZAAs no Porto.

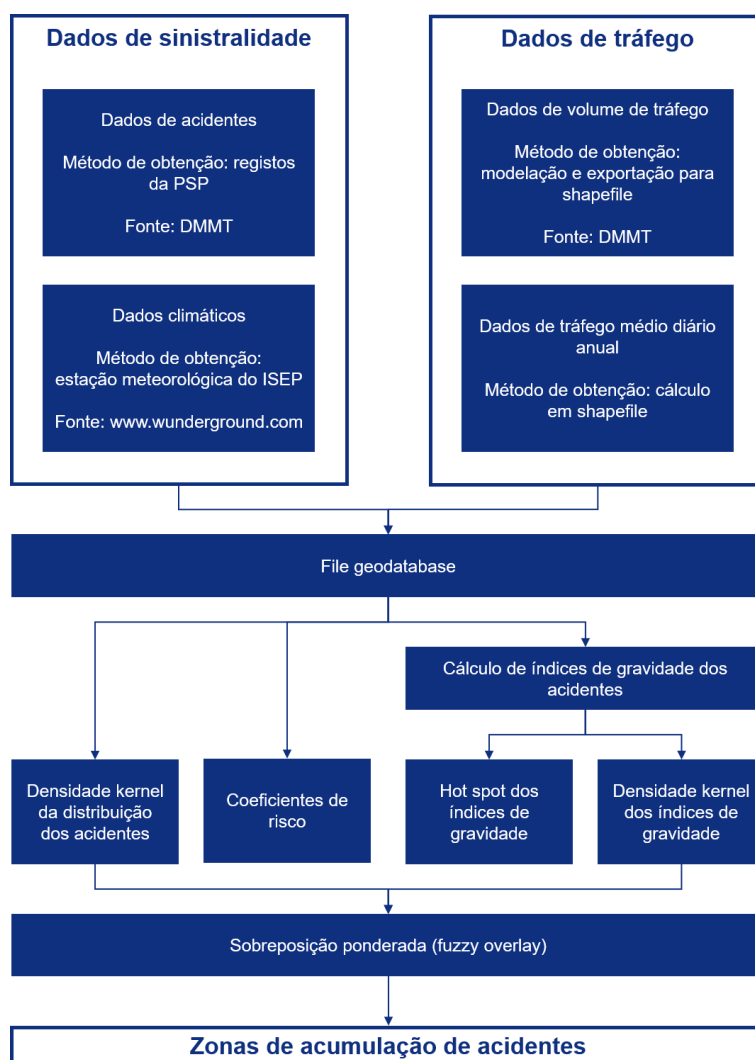


Figura 54: Fluxograma de trabalho

6. Propostas de Intervenção Municipal

Há vários locais críticos que se situam fora da jurisdição da CMP ou em pontos confrontantes desta com a jurisdição da IP, como a interseção giratória do Amial, o que obriga a que seja estabelecida comunicação entre estas duas entidades para se elaborarem estratégias integradas para combater a sinistralidade dentro dos limites do concelho do Porto. A aplicação do Decreto-Lei n.º 100/2018, que concretiza o quadro de transferência de competências para os órgãos municipais no domínio das vias de comunicação, poderá facilitar a resolução destes problemas, mas por um caminho simplista, visto que passando algumas ZAAs para as câmaras municipais qualquer intervenção ou monitorização poderá ser feita unilateralmente, faltando, contudo, uma estratégia holística. No mínimo, quaisquer planos para a EN12 devem ser coordenados com as câmaras das imediações.

Ao longo dos subcapítulos 4.3 e 5.1 foram abordados vários projetos em execução ou em carteira na cidade que poderão ter um impacto direto ou indireto na sinistralidade. Intervenções estruturais recentes na Avenida da Boavista, na Rua de Costa Cabral ou na Rua de Cinco de Outubro, acima de tudo pela canalização mais clara dos movimentos de tráfego, pela repavimentação e pela revisão de toda a sinalização horizontal e vertical. Também a esse nível, a implantação de zonas *kiss & ride* na proximidade de escolas desde meados de 2018, ainda que acompanhadas de marcações rodoviárias circulares azuis não homologadas pelo RST, poderá contribuir para uma maior segurança de grupos de utilizadores da via pública muito vulneráveis, neste caso as crianças em horário de entrada e saída das aulas.

Esta preocupação com os utentes mais vulneráveis deve continuar a ser uma prioridade, tanto ao nível do tratamento dos passeios (alargando-os e dotando-os de melhores pavimentos) e das passadeiras (seja a repintura, a redução da sua extensão ou a sua proteção com mais equipamentos de segurança), como ao nível da circulação de motociclos/ciclomotores (da sua permissão em corredores BUS, por exemplo) e ao nível

das ciclovias (onde existem e onde deveriam existir). Aproveitando os dados recolhidos, elaboraram-se ainda mapas temáticos de densidade kernel para os atropelamentos com vítimas (Figura 55), acidentes com vítimas envolvendo motociclos e ciclomotores (Figura 56) e acidentes com vítimas envolvendo velocípedes (Figura 57). Voltou a utilizar-se um tamanho de célula de 10m e uma distância ao centro de 100m.

Estimativa de Densidade Kernel Atropelamentos com Vítimas no Porto (2015-2017)

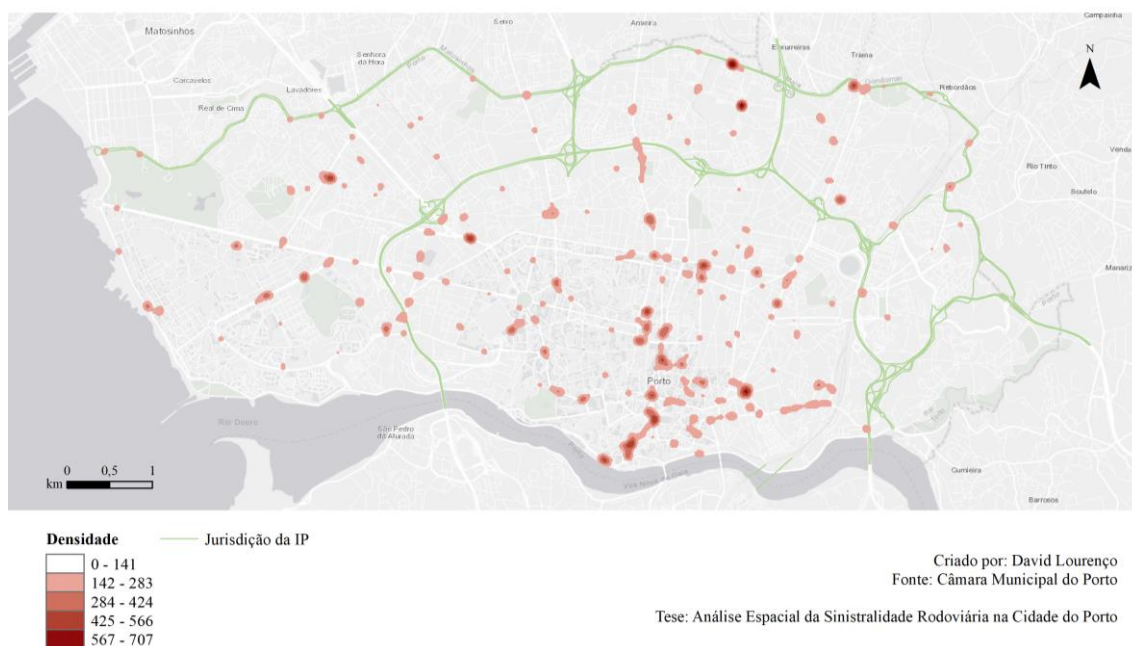


Figura 55: Estimativa de densidade kernel – Atropelamentos com vítimas

Na Figura 55 verifica-se uma grande concentração de atropelamentos de peões no centro histórico, designadamente na Rua do Alferes Malheiro, junto à estação de metro da Trindade, na Avenida dos Aliados, no troço de atravessamento da Praça de D. João I ao Túnel dos Almadás, na Praça de Almeida Garrett e na Rua de Mouzinho da Silveira. Contudo, o troço sul do Campo de 24 de Agosto e a interseção Rua do Dr. Roberto Frias / Rua do Dr. Plácido da Costa (em frente à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto) são os pontos mais críticos da jurisdição da CMP. Encontram-se, como tal, realçados pontos de grande afluência de peões, sejam cidadãos ou turistas, nas imediações

de polos comerciais, de ensino ou turísticos, sendo também de assinalar que alguns representam terminais intermodais.

Investigando a sinistralidade rodoviária envolvendo vítimas em motocicletas/ciclomotores, sobressai que há locais críticos da rede próximos de corredores BUS onde esses veículos motorizados de duas rodas podem circular, juntamente com o transporte público, como na Rua da Constituição, em aproximação à Praça do Marquês do Pombal, ou na interseção Rua de Gonçalo Sampaio / Rua do Campo Alegre. Isto pode ser explicado pela interrupção abrupta desses corredores BUS, o que poderá causar uma noção temporária de segurança e desimpedimento da via que depois, por limitações de espaço ou por ser dada prioridade ao escoamento do tráfego, deixam de se verificar. Isto demonstra como é importante a linearidade desses percursos, independentemente do meio de transporte que se está a tentar proteger.

Estimativa de Densidade Kernel

Acidentes com Vítimas Envolvendo Motociclos/Ciclomotores no Porto (2015-2017)



Figura 56: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com motociclos e ciclomotores

Já foi visto que a bicicleta representa 0,4% das deslocações diárias no Porto. Apesar de ser verdade que os parques municipais oferecem gratuitamente lugares para estacionamento destes veículos, que têm sido implantados novos bicicletários nas ruas e que existe um projeto piloto para a circulação de bicicletas em corredores BUS em curso na Rua de Costa Cabral, a extensão das ciclovias é ainda deficitária e algumas das já existentes não têm continuidade. Recorrendo à Figura 57 compreende-se que a proteção dos velocípedes é particularmente necessária na frente fluvial. Alterações recentes na Avenida de Gustavo Eiffel continuam a não considerar este tipo de mobilidade, num local tão atrativo tanto para deslocações pendulares como para turistas.

Estimativa de Densidade Kernel

Acidentes com Vítimas Envolvendo Velocípedes no Porto (2015-2017)



Figura 57: Estimativa de densidade kernel – Acidentes com velocípedes

A grande maioria das ZAAs concentra-se em interseções com arruamentos classificados no PDM, ou seja, em arruamentos com grande importância na distribuição do tráfego, contudo, algumas localizam-se em áreas residenciais, como as interseções (i) Rua de Guilherme Braga / Rua do Dr. José de Figueiredo, (ii) Rua de Serralves / Rua de Ciríaco Cardoso ou (iii) Rua de Francos / Rua de Fernando Cabral. Uma tendência dos PMSR já

existentes é destacar o aumento abrupto da probabilidade de morte quando a velocidade de circulação é superior a 40km/h. Em outras cidades europeias, a criação de zonas de velocidade máxima de 30km/h é uma tendência crescente. Esta medida de acalmia de tráfego poderia ser estudada nas ZAAs referidas (como na Figura 58) e outras áreas habitacionais, o que permitiria conciliar melhor todos os meios de transporte (APA, 2010), dando primazia aos peões e aos modos suaves.

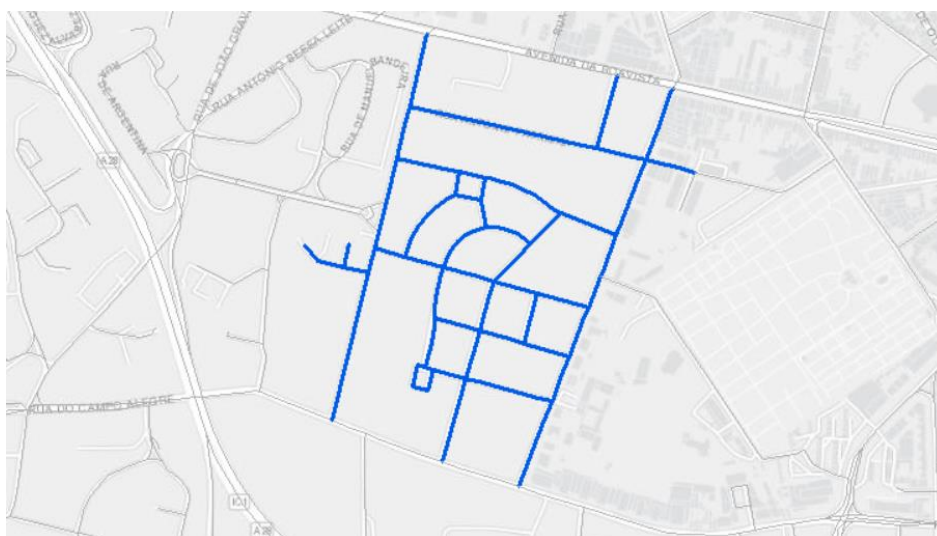


Figura 58: Proposta de zona 30km/h em Guerra Junqueiro

Tudo o que contribua para reduzir o número de veículos que circula dentro do Porto é positivo neste âmbito. Se mais carros equivalem a mais acidentes, oferecer melhor transporte público, melhores condições para os modos suaves e, até, estender as ZAAs a mais arruamentos, contribuirá para reduzir o número de acidentes. No centro histórico, esta tendência de proibir a passagem de carros por locais com uma morfologia urbana complexa, de interesse turístico e tipicamente alcantilados, é lógica e necessária. A ZAAC das Flores pode ser expandida até à Rua da Vitória, Rua dos Caldeireiros e Rua de Trás. Os quarteirões entre a estação de S. Bento e o Teatro Nacional de S. João, com a Rua Chã no centro, pouco acrescentam ao escoamento do tráfego. A Rua de Miguel Bombarda, entre a Rua do Rosário e a Rua de Diogo Brandão, beneficiaria com a ausência de carros.

Zonas de Acesso Automóvel Condicionado (ZAAC)

Propostas



Tese: Análise Espacial da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto

Figura 59: Propostas de ZAACs

As maiores dificuldades de implementação das ZAACs advêm não da sua extensão – a experiência tem revelado um aumento da qualidade de vida, através da redução do ruído, de maior conforto na mobilidade pedonal, da preservação do património e do espaço público, da dinamização cultural ou de mais oferta de comércio e serviços, como se verificou na Rua das Flores – mas do modelo de gestão. O regulamento das ZAACs do Porto prevê pagamentos consoante o tempo de permanência, sendo que as entradas e saídas são controladas remotamente por dissuasores automáticos. Noutras cidades europeias, são calculados consoante as implicações ambientais ou existem licenças com uma data de validade. Esta questão, os horários de acesso para cargas e descargas e as exceções permitidas devem ser estudados de acordo com as condicionantes de cada local.

Relativamente à infraestrutura ITS, é possível sobrepor as instalações luminosas às ZAAs (Figura 60) para, usando a Figura 22 de referência, perceber como os cruzamentos mais críticos da cidade deveriam estar realmente desenhados, tendo em conta a TMDA estimada por modelação de tráfego. Por exemplo, na interseção Rua do Campo Alegre /

Beco do Campo Alegre a via principal tem uma TMDA de 11.681 veículos e a via secundária de 5.639 veículos, estando no limite entre a possibilidade de se manter um cruzamento prioritário ou um cruzamento semaforizado/com rotunda. Considerando a inclinação do trainel da Rua do Campo Alegre, a nascente, e as dificuldades de visibilidade para quem acede a partir de sul, a implantação de SLAT poderia amenizar a sinistralidade. Contudo, de uma forma geral, conclui-se que os semáforos estão bem localizados.

Zonas de Acumulação de Acidentes

Porto (2015-2017)



Figura 60: Zonas de acumulação de acidentes e SLAT

O SVT está em constante atualização e expansão, por todas as suas possibilidades de videovigilância de ocorrências. Mesmo estando acoplado a um sistema de gestão de tráfego (o SGM.CMP), a visualização em tempo real da via pública, centralizada nos Paços do Concelho e duplicada no CGI, permite dar uma resposta mais rápida e eficiente a qualquer situação que possa causar constrangimentos no tráfego, inclusive situações de proteção civil ou incêndios urbanos, que poderão, por sua vez, obrigar ao corte total de vias e ao desvio dos veículos pela envolvente. Com o foco apenas na sinistralidade, pela

Figura 61 imediatamente se deteta a falta de CCTV em algumas ZAAs. Sendo que, por questões de telecomunicações, as CCTV são tipicamente colocadas na proximidade de SLAT, seria de ponderar a sua expansão para as seguintes interseções:

- 1) Avenida do Marechal Gomes da Costa / Rua de João de Barros;
- 2) Rua do Campo Alegre / Rua das Condominhas;
- 3) Rua de Júlio Dinis / Rua de D. Manuel II;
- 4) Rua do Dr. Roberto Frias / Rua do Dr. Plácido da Costa;
- 5) Rua de Francos / Rua de Fernando Cabral.

Zonas de Acumulação de Acidentes Porto (2015-2017)

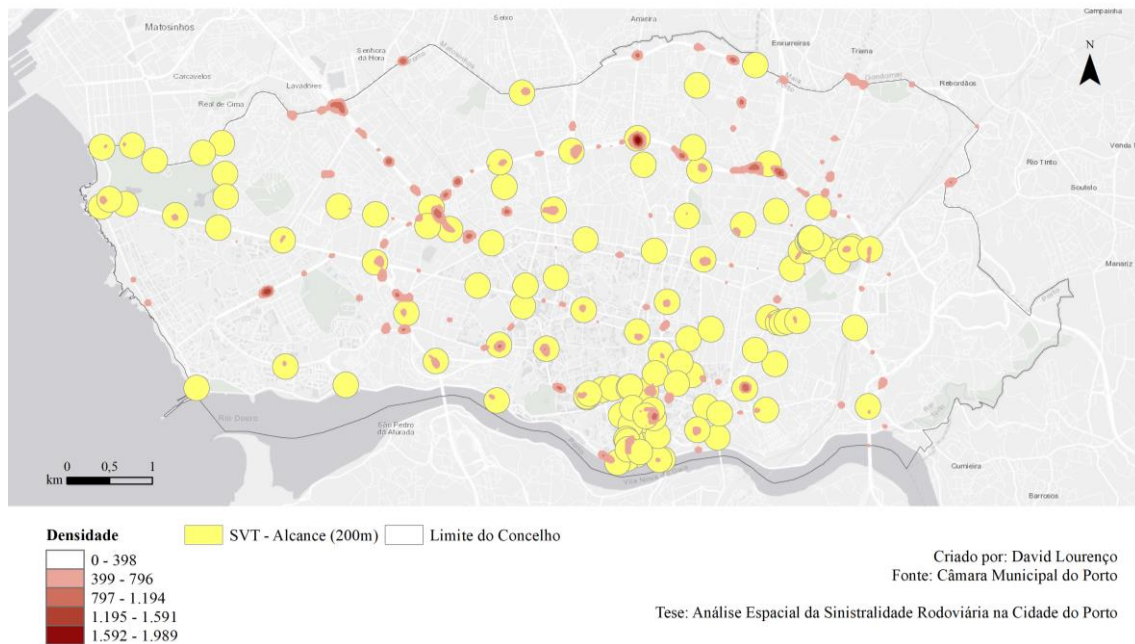


Figura 61: Zonas de acumulação de acidentes e SVT

Neste patamar tecnológico, pode-se abordar a colocação de Painéis de Mensagem Variável (PMV), que são equipamentos com capacidade para transmitir sinais ou informações aos condutores. Estes dividem-se em contínuos (apresentam símbolos ou mensagens intactas) e descontínuos (ecrãs de pixéis), sendo geralmente colocados sobre as vias, com recurso a pórticos metálicos, ou em colunas, na berma. Como realça Nygårdhs e Helmers (2007), os condutores tendem a respeitar mais os limites de

velocidade se lhes forem transmitidas informações adicionais sobre o trânsito e as vias. Qualquer entrada/saída da cidade seria um ponto estratégico para a colocação de PMVs, especialmente se forem ZAAs, como vários troços da Avenida da AEP (Figura 62) ou a inserção da A20 na Rua de Faria Guimarães (Figura 63). Os PMVs poderiam estar integrados no SGM.CMP.



Figura 62: Proposta de PMV na Avenida da AEP



Figura 63: Proposta de PMV na Rua de Faria Guimarães

Em suma, as seguintes propostas poderão concretizar uma redução da sinistralidade e promover os modos suaves no Porto, contribuindo para uma mobilidade mais sustentável:

1) Intervenções de carácter geral

- 1.1) Projetos prioritários de ação na infraestrutura viária nas ZAAs identificadas, com alterações personalizadas para cada uma, consoante as tipologias e os motivos mais frequentes;
- 1.2) Proteção dos peões em zonas de acumulação de atropelamentos, como na Rua do Alferes Malheiro (por exemplo, com a colocação de guardas metálicas que encaminhem os transeuntes para as passadeiras), na Rua de Roberto Frias / Rua do Dr. Plácido da Costa (como melhorar a sinalização) – Figura 64 – ou a Rua do Campo Alegre / Beco do Campo Alegre (por exemplo, a instalação de semáforos) – Figura 65;



Figura 64: Interseção Rua de Roberto Frias / Rua do Dr. Plácido da Costa



Figura 65: Interseção Rua do Campo Alegre / Beco do Campo Alegre

- 1.3) Aumento da rede ciclável, nomeadamente em arruamentos com potencial turístico ou de ligação entre polos de interesse. Este plano pode ser concretizado através da remoção de lugares de estacionamento à superfície, algo que irá ser implementado em Amsterdão ao longo dos próximos anos (menos 11.200 lugares até 2025), alterando-se a utilização do espaço público;
- 1.4) Avaliação final dos potenciais benefícios da abertura dos corredores BUS aos velocípedes;
- 1.5) Análise da linearidade dos corredores BUS e das ciclovias, para garantir uma circulação mais intuitiva de velocípedes e motociclos/ciclomotores;
- 1.6) Criação de serviços municipais ou de condições para a captação de serviços privados de mobilidade alternativos, como partilha de bicicletas ou trotinetes.

2) Medidas de acalmia de tráfego

- 2.1) Continuação do estrangulamento das vias com recurso a balizas

flexíveis e implementação de novas alterações nos alinhamentos, como gincanas, podendo-se estender as medidas a zonas de acumulação de atropelamentos, por exemplo na interseção Rua de Roberto Frias / Rua do Dr. Plácido da Costa;

- 2.2) Criação de zonas de 30km/h, especialmente em ambiente residencial, como em Guerra Junqueiro;
- 2.3) Aumento das ZAACs, com particular foco no centro histórico.

3) Soluções de monitorização e fiscalização das vias

- 3.1) Expansão do SVT, com a colocação de novas câmaras de vídeo em ZAAs, mas também em zonas de acumulação de atropelamentos;
- 3.2) Implantação de PMVs, começando pelas principais entradas / saídas da cidade ou as ZAAs mais críticas.

7. Considerações Finais

7.1. Conclusões

A sinistralidade rodoviária é responsável pela morte de milhares de pessoas na Europa todos os anos. À medida que o direito à mobilidade se foi democratizando, existindo hoje diversos modos de transporte, redes de vias de comunicação abrangentes e serviços que oferecem alternativas para cada deslocação, revelou-se necessário reforçar a formação e a sensibilização dos condutores, as condições de segurança dos veículos e das infraestruturas e a gestão/monitorização do tráfego. Existem cada vez mais dispositivos, ferramentas e técnicas destinadas a minimizar o número de vítimas. As decisões a tomar e as soluções a aplicar serão mais eficazes se a informação recolhida for mais abrangente e fiável.

Considerando que o fenómeno tem uma evidente expressão territorial, os SIG revelam-se essenciais para a sua compreensão. A cedência da CMP de uma base de dados com registos georreferenciados e atributos detalhados foi o catalisador para a análise espacial sobre os acidentes ocorridos no Porto entre 2015 e 2017 desenvolvida nesta dissertação. Após uma primeira fase de normalização da informação, avançou-se para a caracterização da sinistralidade rodoviária consoante a sua natureza, as vítimas, os motivos, os veículos envolvidos e o período em que ocorreram. Existindo, também, dados municipais sobre a distribuição horária do tráfego e um modelo teórico com volumes de tráfego, foi possível testar vários métodos de identificação de ZAAs.

Ao longo da caracterização da sinistralidade rodoviária verificou-se que há a lamentar 13 vítimas mortais, 42 feridos graves e 2.849 feridos ligeiros, num total de 2.900 acidentes com vítimas. Houve 894 com atropelamentos, 1.597 com colisões, 427 com despistes e 23 com outras tipologias. Os acidentes por problemas mecânicos foram 10, por mau

pavimento foram 9, por excesso de velocidade foram 1.021, por taxa de álcool elevada foram 45 e por manobras perigosas foram 1.758. Quanto à meteorologia, 2.121 acidentes com vítimas ocorreram com vento moderado e 2.597 com chuva fraca ou inexistente. 2.545 dos acidentes com vítimas envolveram veículos ligeiros, 153 envolveram veículos pesados, 603 envolveram motocicletas/ciclomotores e 143 envolveram velocípedes.

A análise *hot spot*, enquanto função de aglomeração, realçou pontos críticos da rede com perigosidade na sua vizinhança, mas revelou-se pouco esclarecedora na delimitação de áreas onde a distribuição espacial de eventos é mais intensa. O coeficiente de risco, enquanto identificador de troços de maior suscetibilidade, não devolveu resultados consistentes com a constatação de que os acidentes se concentram, tendencialmente, onde há mais tráfego (apesar de usar a TMDA calculada como dado de entrada), velocidade mais elevadas, traçados mais retilíneos e extensos ou predominância da função de distribuição das vias. A estimativa de densidade kernel foi mais clara na visualização de ZAAs, para além de permitir categorizá-las consoante o desvio-padrão.

O processo culminou na elaboração de um mapa com a ponderação da frequência dos acidentes e dos seus IGs, utilizando-se a função *fuzzy overlay*, o que permitiu identificar as seguintes ZAAs na jurisdição da CMP: (i) interseção giratória do Amial e ligações à VCI, (ii) interseção Avenida do Marechal Gomes da Costa / Rua de João de Barros, (iii) Avenida de D. Manuel II, em frente ao Palácio de Cristal, (iv) Praça de Almeida Garrett, (v) Campo de 24 de Agosto, troço sul, (vi) Praça da Galiza, lado nascente, (vii) interseção Via Panorâmica / Rua do Campo Alegre, (viii) entroncamento Rua do Campo Alegre / Beco do Campo Alegre, (ix) pontos centrais da Avenida da AEP, (x) Rotunda do Bessa, entre outros com semelhante ou inferior expressividade.

Como consequência desta análise espacial (certamente replicável em outras cidades), é possível concretizar propostas de intervenção para mitigar a sinistralidade. Num contexto urbano consolidado, e no âmbito das competências do município do Porto, a necessidade de se reduzir o uso do transporte individual, que se cifra em 48,0% do total das

deslocações, é evidente, pelo que urge a necessidade de expandir a rede de ZAACs e criar zonas com limite de 30km/h, forçando o abandono do carro, de proteger os motociclistas, um transporte que ocupa menos espaço público, e de materializar uma rede consistente e segura de ciclovias e permitir serviços de mobilidade alternativos, proporcionando uma transição para os modos suaves.

A aposta na melhoria das infraestruturas viárias e em equipamentos tecnológicos deverá continuar a existir.

7.2. Trabalhos Futuros

A elaboração de projetos específicos para cada ZAA seria o resultado mais direto da relevância da presente dissertação, sejam de alterações na sinalização, de melhoria dos pavimentos, de aplicação de medidas de acalmia de tráfego ou de introdução de novos elementos tecnológicos. As propostas efetuadas no capítulo anterior não têm o detalhe que é exigido em fase de execução, contudo, espera-se que possam servir como princípios orientadores, em conjunto com os objetivos definidos no PMSR aprovado em 2019.

O tema da sinistralidade rodoviária tem uma relevância permanente e exige uma atualização constante dos dados. Esse acompanhamento pode ser feito numa base mensal, visto que a CMP recebe informação da PSP com essa frequência. Tendo sido efetuado um extenso trabalho de correção dos registos de 2015 a 2017, pode-se automatizar um fluxograma de tratamento de dados em SIG com recurso ao ModelBuilder do ArcGIS, que permita agregar os novos registos numa só camada, facilitando, assim, a sua consulta, análise e edição.

A análise espacial permite novas visualizações sobre o fenómeno além da mera informação alfanumérica. A evolução dos métodos e das ferramentas dos SIG tem trazido novidades na criação de mapas e vídeos mais dinâmicos e intuitivos do que nunca, para

além de *dashboards* com indicadores relativos aos atributos definidos nas tabelas das camadas. Em conjunto com a automatização da aquisição de dados, seria interessante a disponibilização *online* ao público de um painel de caracterização da sinistralidade rodoviária no Porto, bem como, eventualmente, um *webservice* gratuito.

Por último, a expansão do SGM.CMP, em especial da cobertura do SVT, pode ser ajustada consoante não só as ZAAs, mas também consoante a orografia e o edificado em redor, para maximizar a sua utilização. Estudar o alcance das câmaras num projeto de realidade aumentada para perceber qual é, efetivamente, a melhor localização e posição para cada câmara traria benefícios para a monitorização das vias e para a gestão do tráfego.

Referências Bibliográficas

- (1945). Decreto-Lei n.º 34/593, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (1985). Decreto-Lei n.º 380/85, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (1994). Decreto-Lei n.º 114/94, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (1998). Decreto Regulamentar n.º 22-A/98, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (2000). Decreto-Lei n.º 222/98, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (2003). Plano Nacional de Prevenção Rodoviária, Ministério da Administração Interna.
- (2006). Decreto-Lei n.º 163/2006, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (2011). Plano Municipal de Segurança Rodoviária, Câmara Municipal de Paços de Ferreira.
- (2017a). The Costs of Congestion - An Analysis of the Greater Dublin Area, Department of Transport, Tourism and Sport.
- (2017b). Resolução do Conselho de Ministros n.º 85/2017, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (2018a). Despacho n.º 8537/2018, Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- (2018b). Mobilidade e Funcionalidade do Território nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa, Lisboa.
- (2018c). Statistical Pocketbook 2018 – EU Transport in Figures Comissão Europeia, Luxemburgo.
- AASHTO (2010). Highway Safety Manual, American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ANSR (2008). Sinistralidade Rodoviária - Ano 2008, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.
- ANSR (2009a). Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária.
- ANSR (2009b). Guia para a Elaboração de Planos Municipais de Segurança Rodoviária, ANSR.

ANSR (2016). Relatório de Atividades, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Oeiras.

ANSR (2017a). Distrito do Porto - Vítimas a 24h, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.

ANSR (2017b). Distrito do Porto - Vítimas a 30 Dias, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.

ANSR (2017c). Sinistralidade Rodoviária - Ano 2017, Vítimas a 30 Dias, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.

ANSR (2017d). Sinistralidade Rodoviária - Ano 2017, Vítimas no Local, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.

APA (2010). Manual de Boas Práticas para uma Mobilidade Sustentável, Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora.

Archer, J., Vogel, K. (2000). The Traffic Safety Problem in Urban Areas, Royal Institute of Technology, Suécia.

Babo, A.P., Ferreira, E., Oliveira, S., Santos, E., Pimpão, R., Oliveira, C. (2019). Revisão do Plano Diretor Municipal do Porto - Sistema de Mobilidade e Transportes, Câmara Municipal do Porto.

Barbosa, J. (2008). Redução da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto por Aplicação de Medidas de Baixo Custo, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Budiharto, U., Saido, A.P., Syafi'i (2012). Traffic Accident Blackspot Identification and Ambulance Fastest Route Mobilization Process for the City of Surakarta, Jurnal Transportasi, Vol. 12.

CE (2018a). Annual Accident Report, Comissão Europeia.

CE (2018b). Preparatory Work for an EU Road Safety Strategy 2020-2030, Comissão Europeia, Bruxelas.

CE (2018c). Sustainable Mobility for Europe: safe, connected, and clean, Comissão Europeia, Bruxelas.

Costa, A.H.P.d., Macedo, J.M.G., Seco, Á.J.d.M., Silva, A.M.B., Antunes, A.J.P., Vasconcelos, A.L.P., Gonçalves, J.H.G., Ribeiro, A.S.N., Ferreira, S.M.P.,

Rodrigues, C.M., Roque, C.d.A. (2008). Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária, CCDR-N.

Costa, R.M.J.F.d. (2016). Metodologias de Detecção de Zonas de Acumulação de Acidentes, Universidade do Porto, Porto.

Ferreira, S. (2002). Caracterização da Sinistralidade Rodoviária em Meio Urbano, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Gonçalves, L., Ribeiro, P. (2017). A Modelação de Tráfego a Partir de Contagens para Avaliar o Nível de Eficiência da Mobilidade, II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável: do edifício para a escala urbana.

Herbel, S., Laing, L., McGovern, C. (2010). Highway Safety Improvement Program Manual, Federal Highway Administration.

IMT (2011). Inspeções de Segurança Rodoviária, Instituto da Mobilidade e dos Transportes, Lisboa.

IMT (2018). Relatório de Tráfego na Rede Nacional de Autoestradas - 4º Trimestre de 2018, Instituto da Mobilidade e dos Transportes, Lisboa.

InIR (2011). Disposições Normativas - Medidas de Acalmia de Tráfego, Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, Lisboa.

JAЕ (1995). Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional, Junta Autónoma de Estradas, Almada.

Júdice, D. (2015). Síntese do Relatório Europeu: "Interim Evaluation of the Policy Orientations on Road Safety 2011-2020, ANSR.

Marques, P., Lopes, C., Clemente, H., Queiroz, J. (2013). Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária - Resposta Portuguesa a um Problema Mundial de Dimensões Trágicas.

Moniz, T. (2017). Métodos Estatísticos Aplicados ao Estudo da Distribuição Territorial das Desigualdades Sociais em Cabo Verde, Universidade Aberta.

Nygårdhs, S., Helmers, G. (2007). VMS – Variable Message Signs. A Literature Review., VTI.

Oliveira, R.G.d., Mateus, A.M. (1970). Técnicas de Engenharia de Trânsito, Ministério das Comunicações, Lisboa.

OMS (2018). Global Status Report on Road Safety, Organização Mundial de Saúde, Suíça.

Seabra, M.I.C., Pinheiro, A.S.M., Marcelino, C.T., Santos, D.A., Leitão, J.M., Bento, S.P., Rodrigues, A.R., Neta, M., Vargas, J., Camandona, C., Renard, A., Camacho-Hübner, E., Garcia, F., Boillat, P., Lopes, V.C. (2011). Rede Ciclável - Princípios de Planeamento e Desenho, Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres.

Shafabakhsh, G.A., Famili, A., Bahadori, M.S. (2017). GIS-based spatial analysis of urban traffic accidents: Case study in Mashhad, Iran, Journal of Traffic and Transportation Engineering.

Silva, J.M.M.d. (2017). Projeto Mobizela: uma proposta de mobilidade sustentável para Vizela Cittaslow, Universidade do Minho.

Tavares, J.P., Pereira, J. (2015). Modelos de Simulação e Previsão de Tráfego, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Teles, P. (2010). Acessibilidade e Mobilidade - Factores de Competitividade para os Territórios, XII Colóquio Ibérico de Geografia, Porto.

TRB (2000). Highway Capacity Manual (HCM), National Research Council, Washington D.C.

UE (2008). Diretiva 2008/96/CE, Jornal Oficial da União Europeia, Estrasburgo.

UE (2010). Diretiva 2010/40/EU, Jornal Oficial da União Europeia, Estrasburgo.

Unwin, R. (1909). Town Planning in Practice.

Anexos

Anexo I – Atributos da base de dados fornecida pela CMP

Anexo II – Acidentes com vítimas por hora (2015-2017)

Anexo III – Arruamentos da cidade do Porto

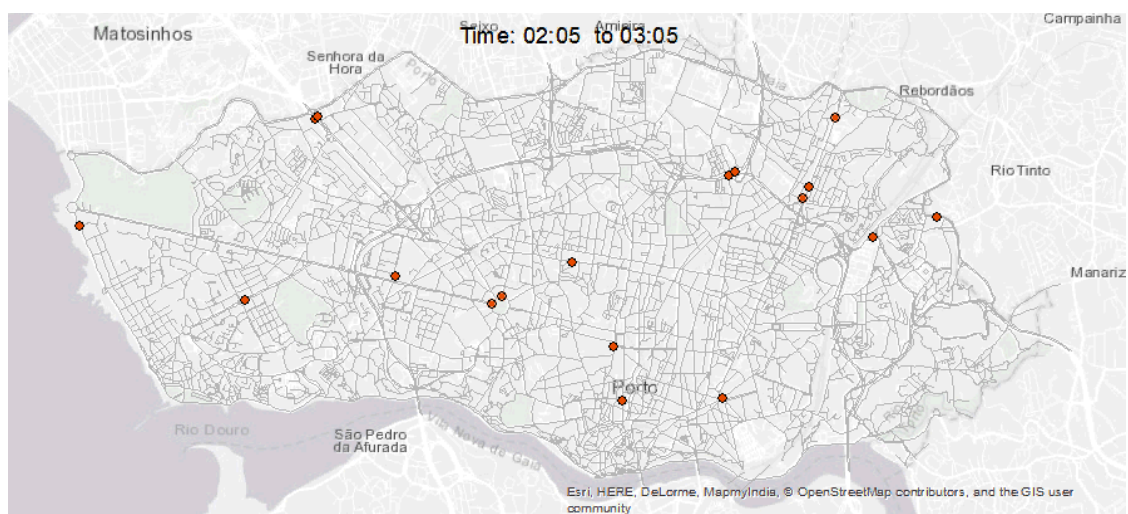
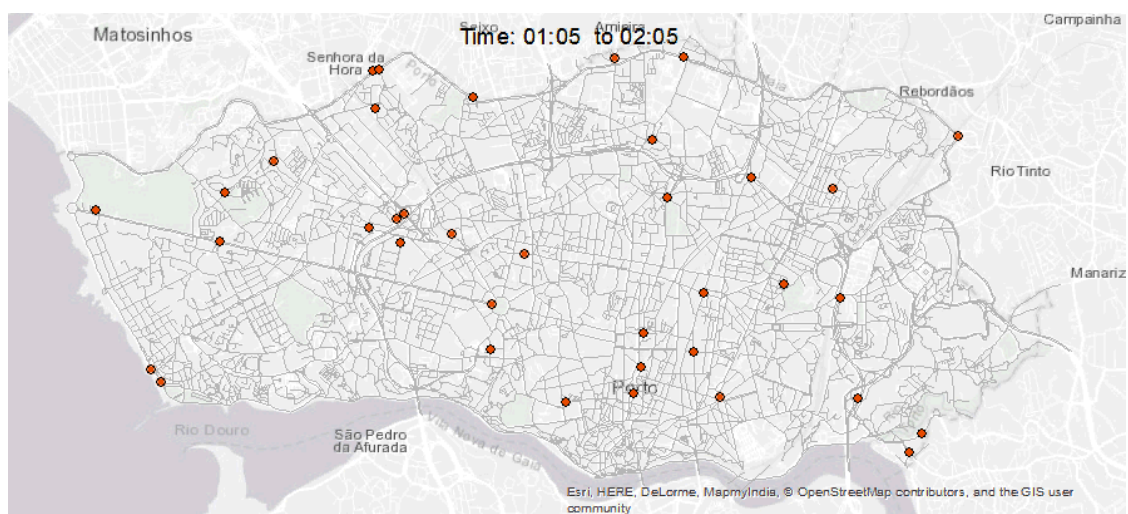
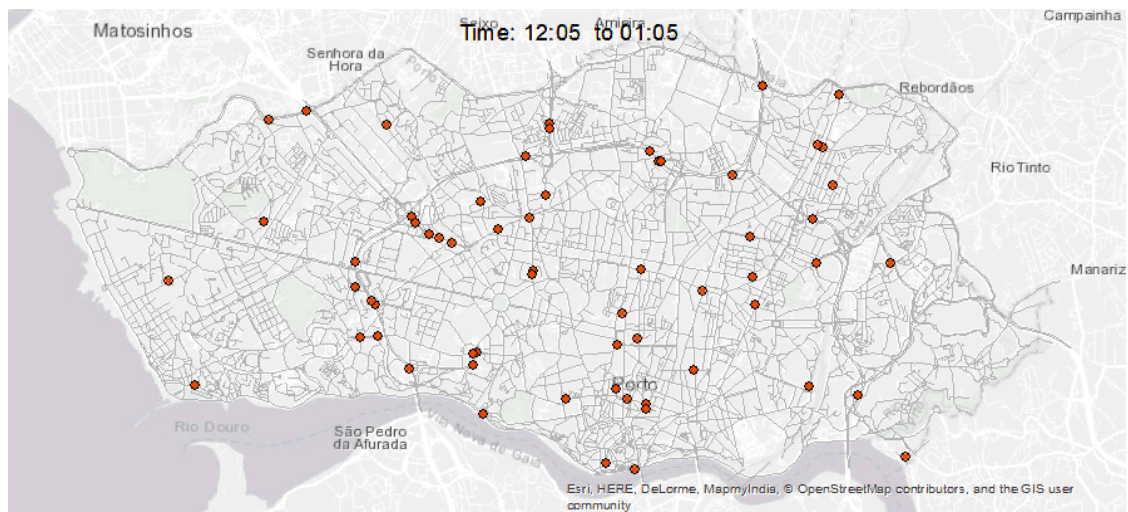
Anexo I – Atributos da base de dados fornecida pela CMP

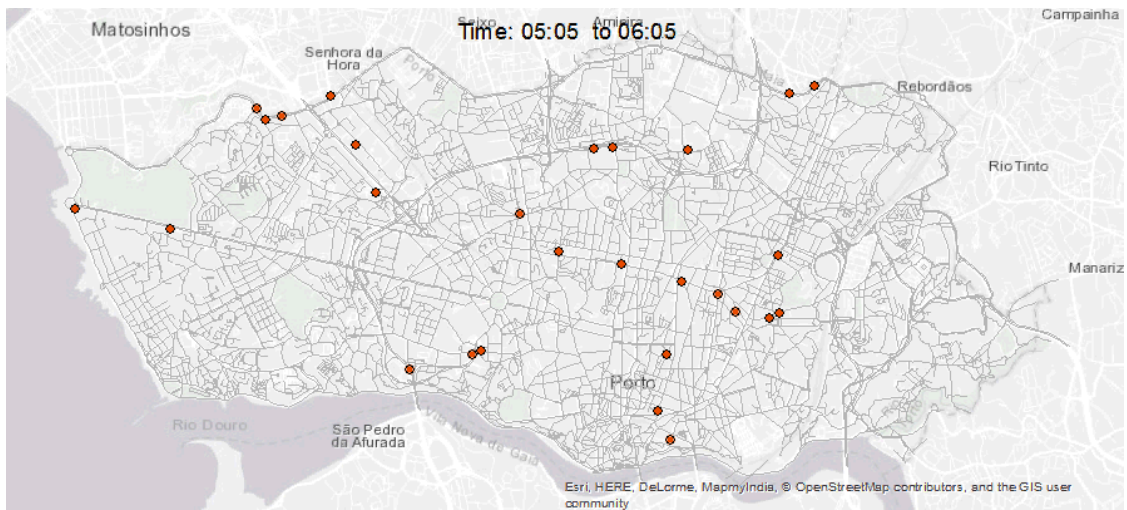
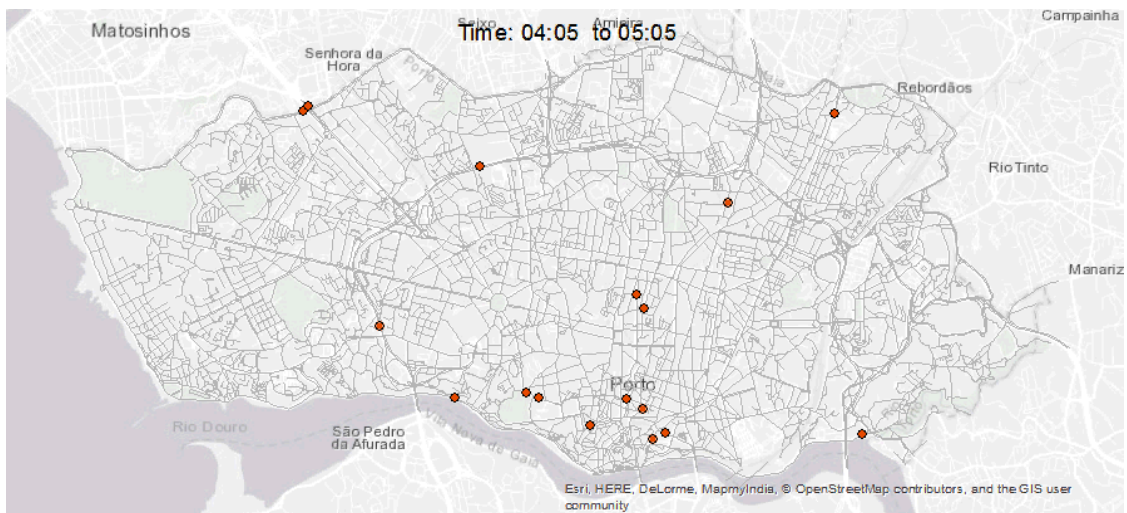
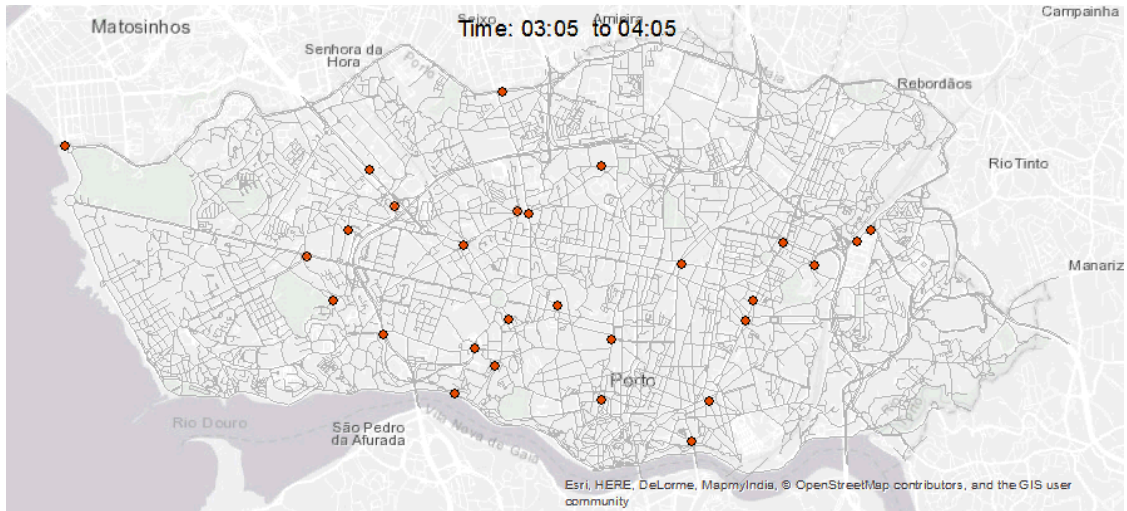
Atributo	Significado
L	Veículo ligeiro
P	Veículo pesado
N_Velocípedes	Velocípedes
N_Ciclomotores	Ciclomotores
2R	Motociclos
C_MO_MOF	N.º de mortos do sexo feminino resultantes da colisão
C_MO_MO	N.º de mortos do sexo masculino resultantes da colisão
M	N.º de mortos resultantes de colisão
C_FG_FGF	N.º de feridos graves do sexo feminino resultantes da colisão
C_FG_FG	N.º de feridos graves do sexo masculino resultantes de colisão
FG	N.º de feridos graves resultantes da colisão
C_FL_FLF	N.º de feridos ligeiros do sexo feminino resultantes da colisão
C_FL_FL	N.º de feridos ligeiros do sexo masculino resultantes da colisão
FL	N.º de feridos ligeiros resultantes da colisão
C_DM	Danos materiais resultantes da colisão
D_MO_MOF	N.º de mortos do sexo feminino resultantes do despiste
D_MO_MO	N.º de mortos do sexo masculino resultantes do despiste
D_MO_NA	N.º de mortos resultantes do despiste
D_FG_FGF	N.º de feridos graves do sexo feminino resultantes do despiste
D_FG_FG	N.º de feridos graves do sexo masculino resultantes do despiste
D_FG_NA	N.º de feridos graves resultantes do despiste
D_FL_FLF	N.º de feridos ligeiros do sexo feminino resultantes do despiste
D_FL_FL	N.º de feridos ligeiros do sexo masculino resultantes do despiste
D_FL_NA	N.º de feridos ligeiros resultantes do despiste
D_DM	Danos materiais resultantes do despiste
A_MO_MOF	N.º de mortos do sexo feminino resultantes de atropelamento na passadeira
A_MO_MO	N.º de mortos do sexo masculino resultantes de atropelamento na passadeira
A_MO_NA	N.º de mortos resultantes de atropelamento na passadeira
A_FG_FAF	N.º de feridos graves do sexo feminino resultantes de atropelamento na passadeira
A_FG_FG	N.º de feridos graves do sexo masculino resultantes de atropelamento na passadeira

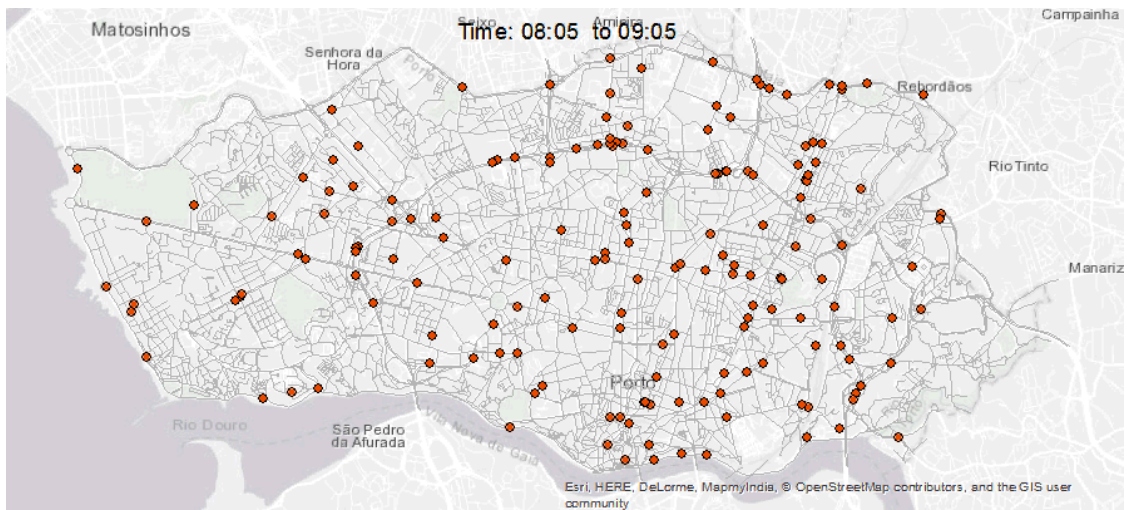
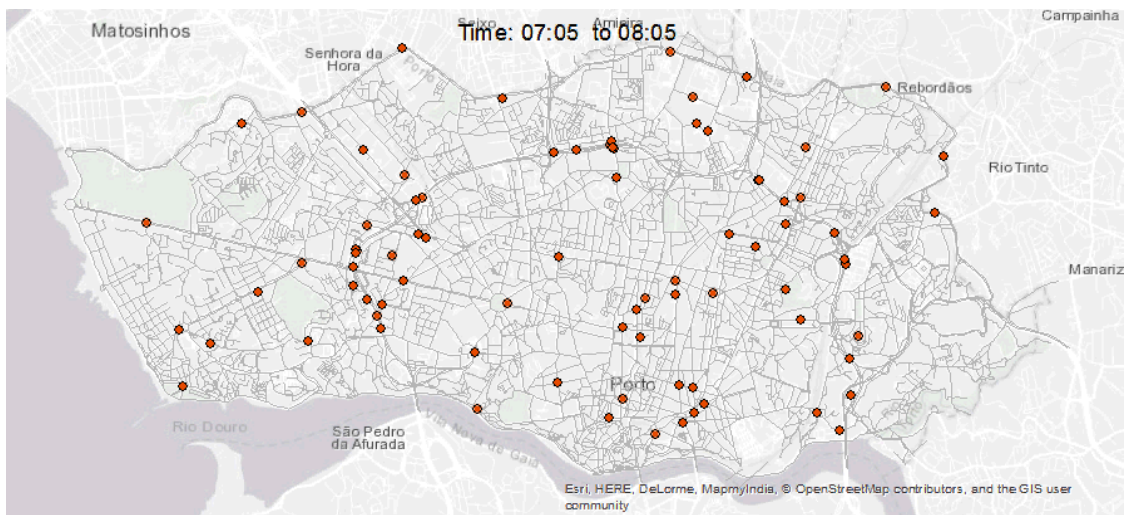
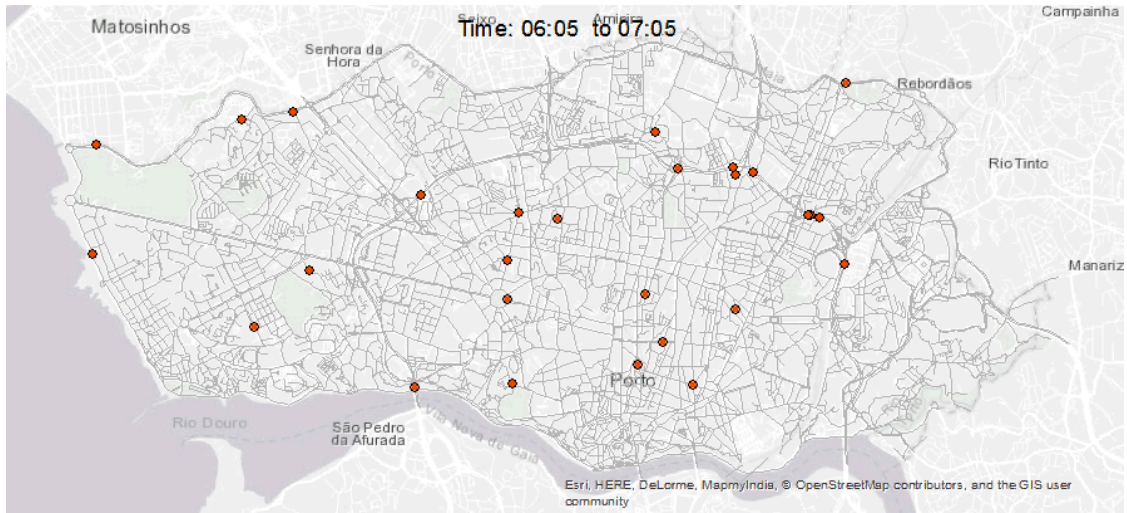
A_FG_NA	N.º de feridos graves resultantes de atropelamento na passadeira
A_FL_FLF	N.º de feridos ligeiros do sexo feminino resultantes de atropelamento na passadeira
A_FL_FL	N.º de feridos ligeiros do sexo masculino resultantes de atropelamento na passadeira
A_FL_NA	N.º de feridos ligeiros resultantes de atropelamento na passadeira
A_DM	Danos materiais resultantes do atropelamento
AFO_MO_MOF	N.º de mortos do sexo feminino resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_MO_MO	N.º de mortos do sexo masculino resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_MO_NA	N.º de mortos resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_FG_FAF	N.º de feridos graves do sexo feminino resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_FG_FG	N.º de feridos graves do sexo masculino resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_FG_NA	N.º de feridos graves resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_FL_FLF	N.º de feridos ligeiros do sexo feminino resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_FL_FL	N.º de feridos ligeiros do sexo masculino resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_FL_NA	N.º de feridos ligeiros resultantes de atropelamento fora passadeira
AFO_DM	Danos materiais resultantes do atropelamento fora da passadeira
O_MO_OF	N.º de mortos do sexo feminino resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_MO_MO	N.º de mortos do sexo feminino resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_MO_NA	N.º de mortos resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_FG_FGF	N.º de feridos graves do sexo feminino resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_FG_FG	N.º de feridos graves do sexo masculino resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_FG_NA	N.º de feridos graves resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_FL_FLF	N.º de feridos ligeiros do sexo feminino resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”

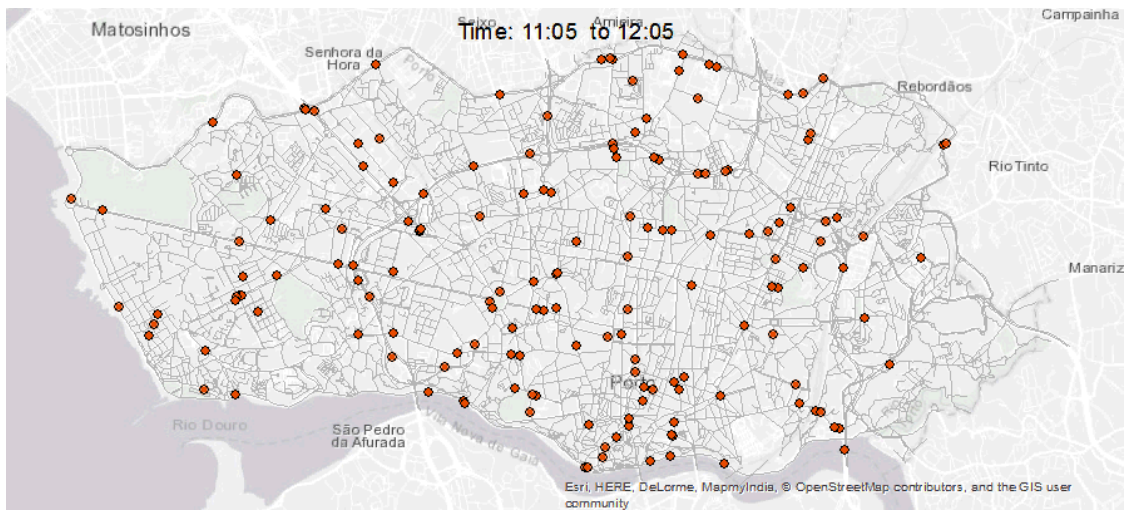
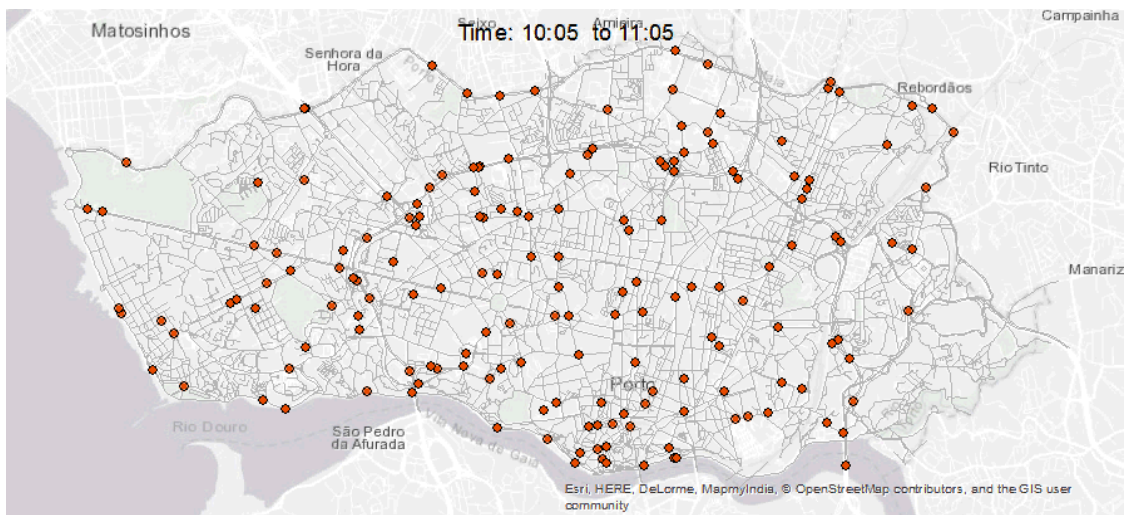
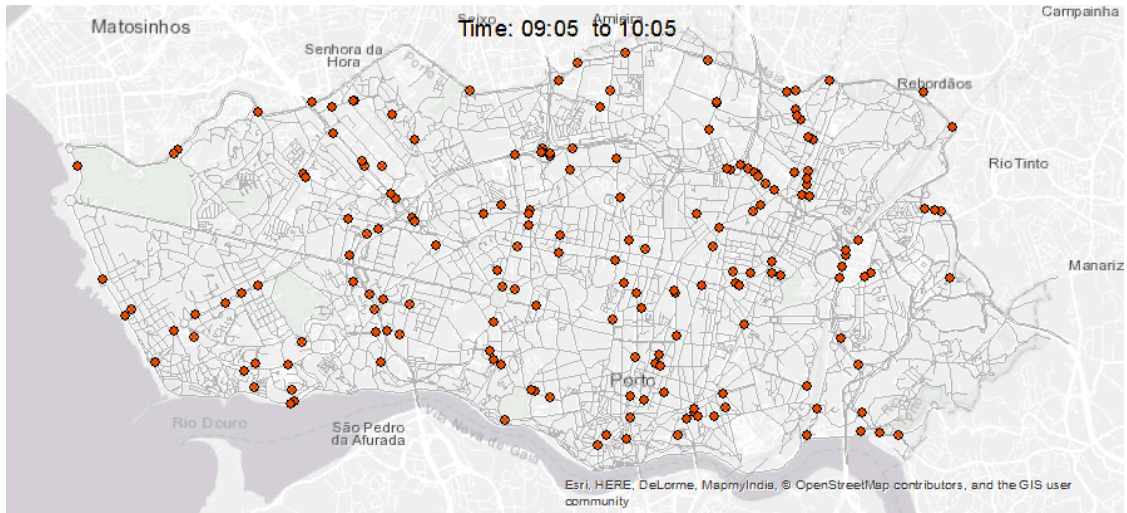
O_FL_FL	N.º de feridos ligeiros do sexo masculino resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_FL_NA	N.º de feridos ligeiros resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”
O_DM	Danos materiais resultantes de acidente com causa definida como “Outro tipos”

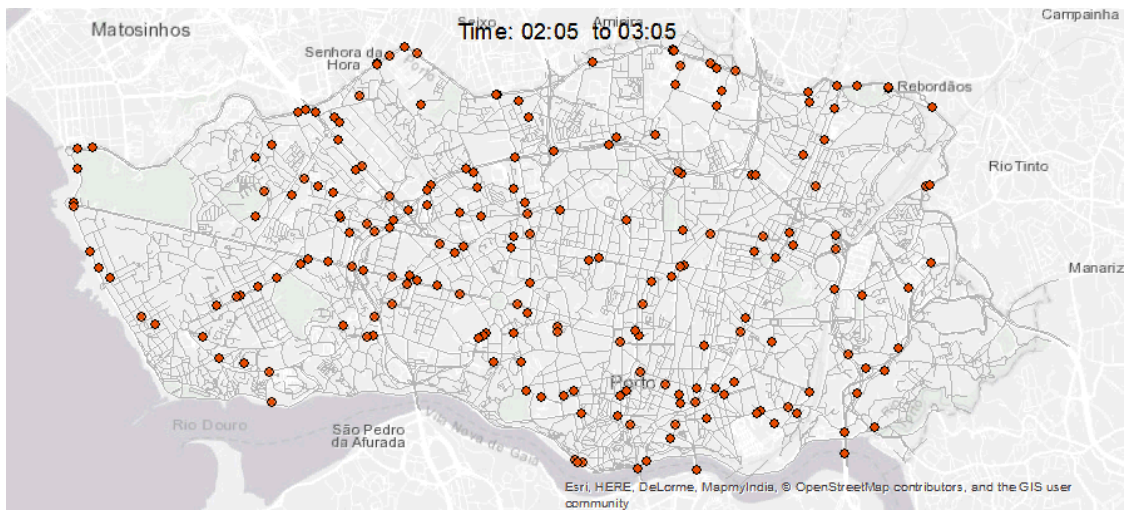
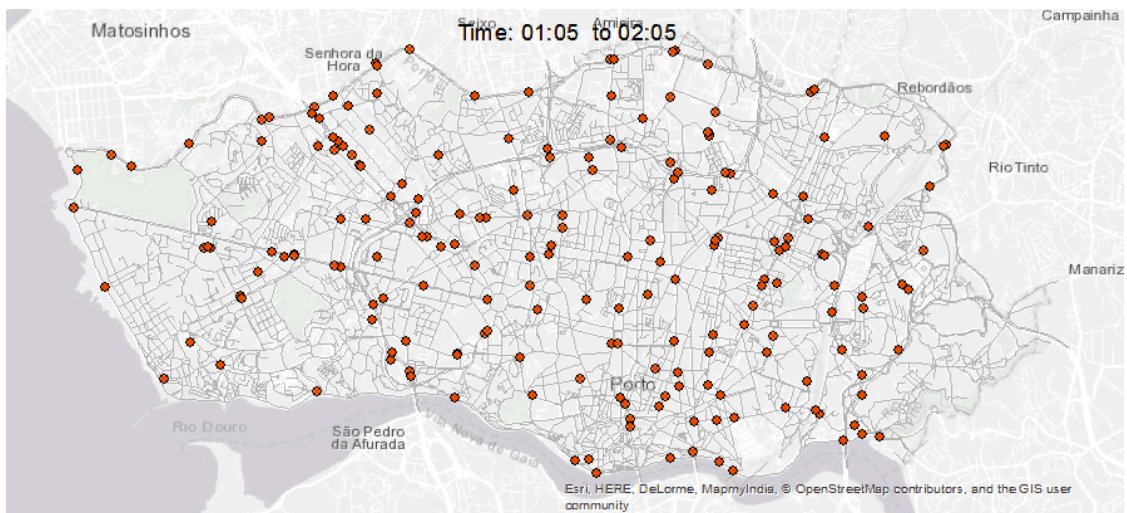
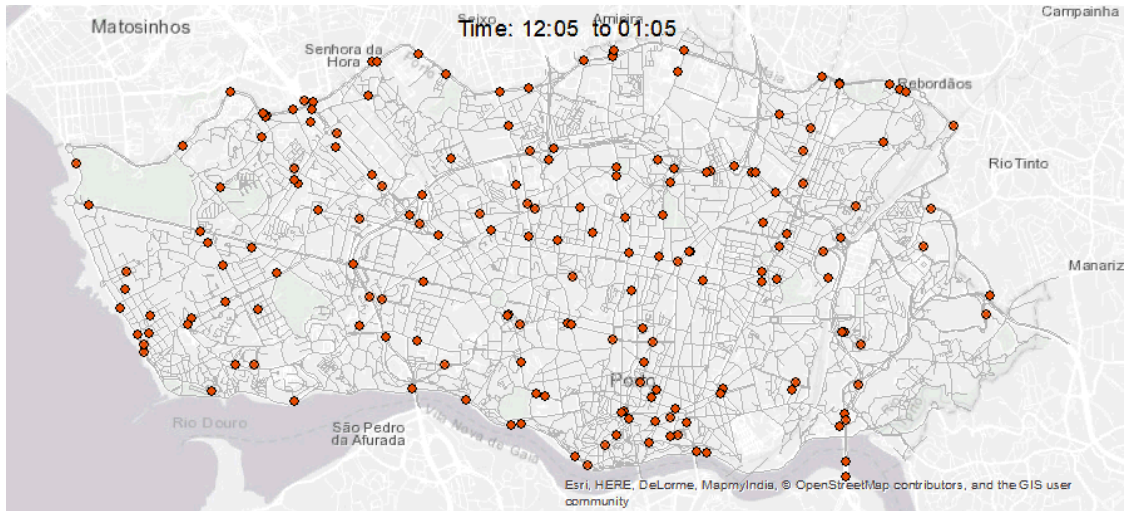
Anexo II – Acidentes com vítimas por hora (2015-2017)

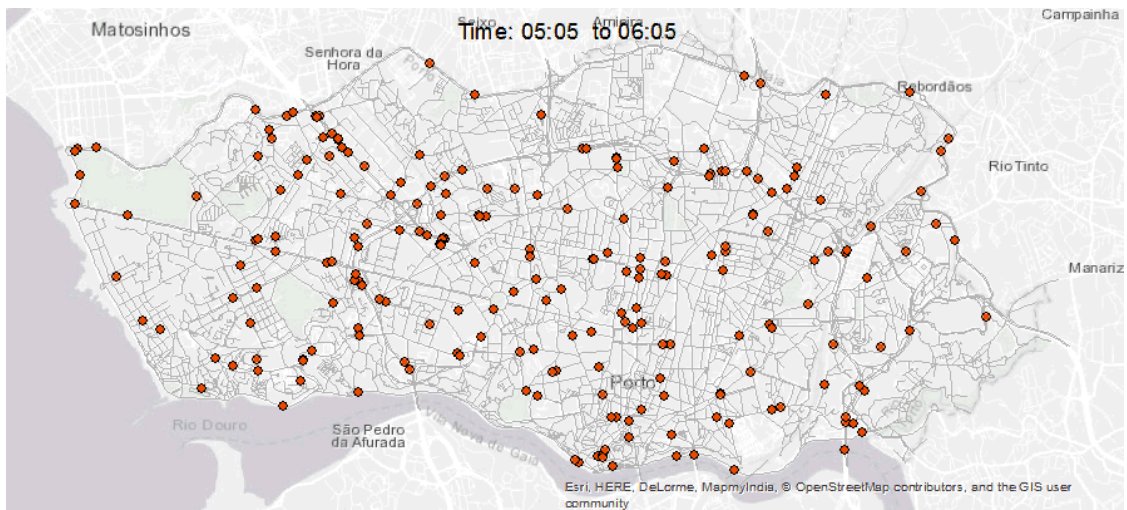
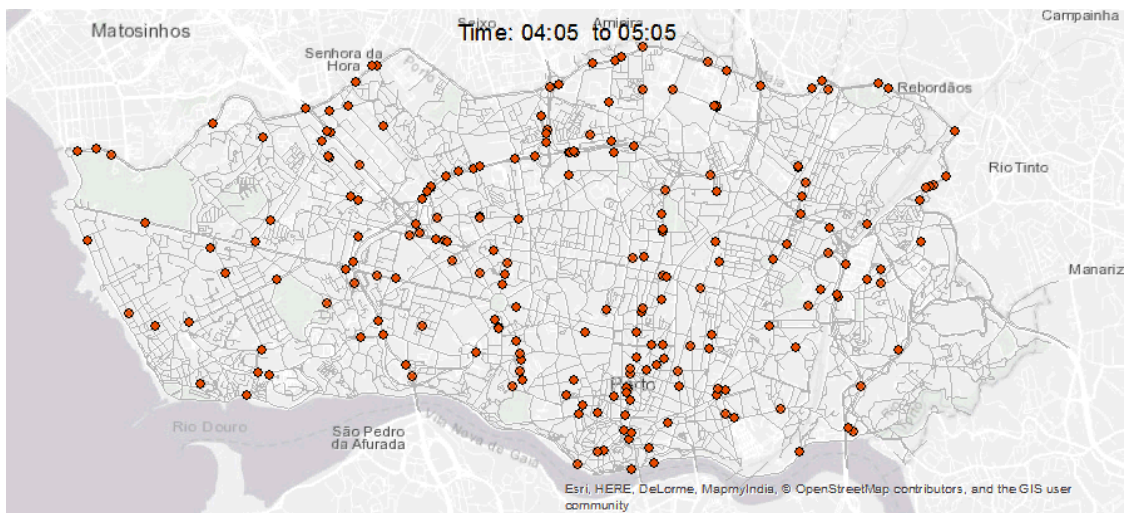
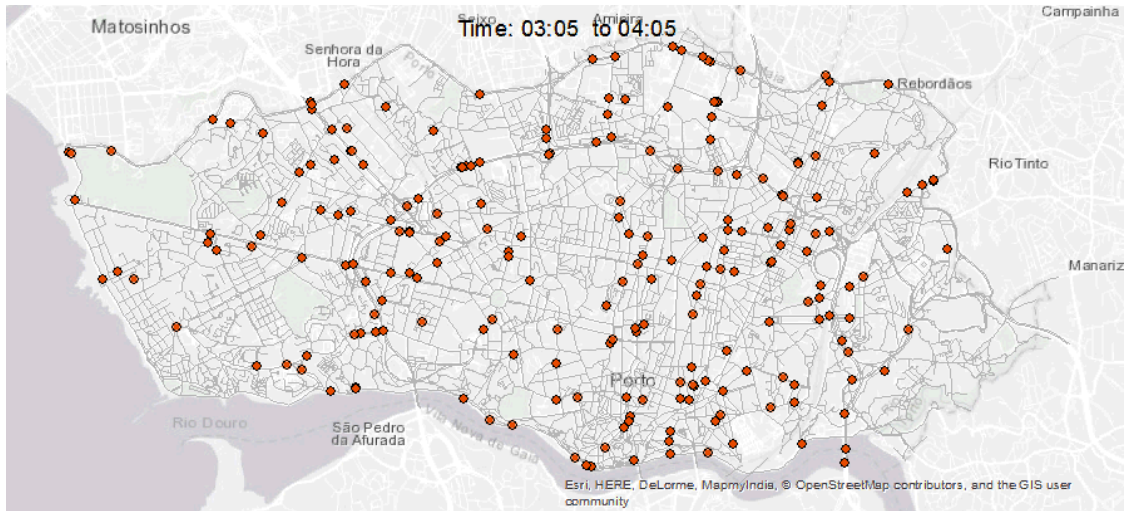


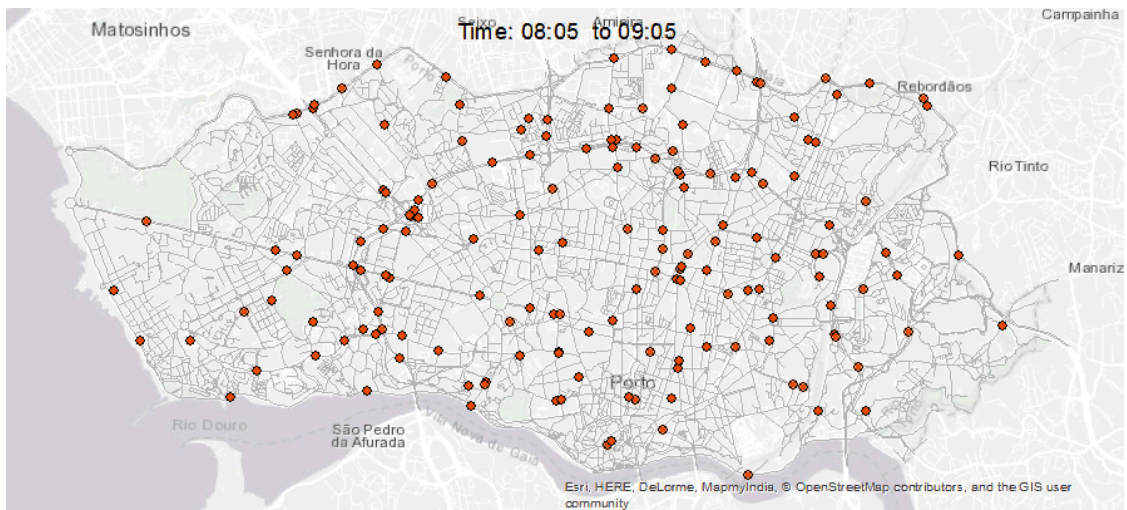
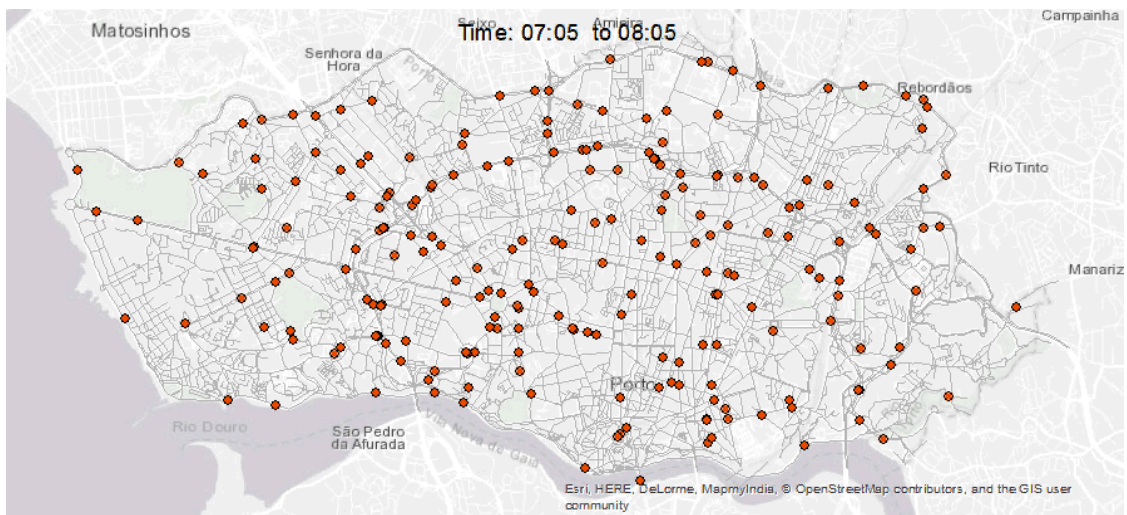
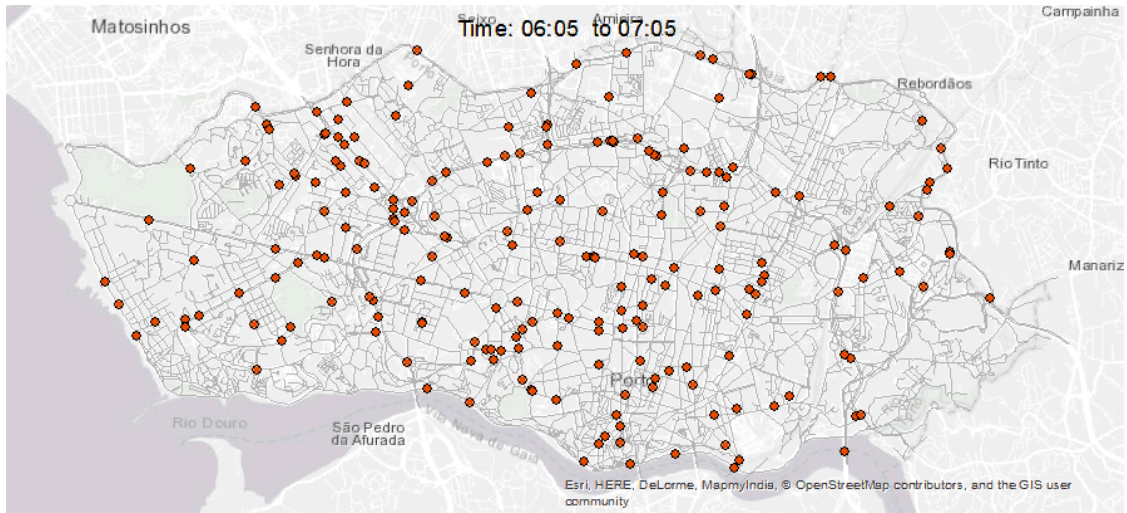


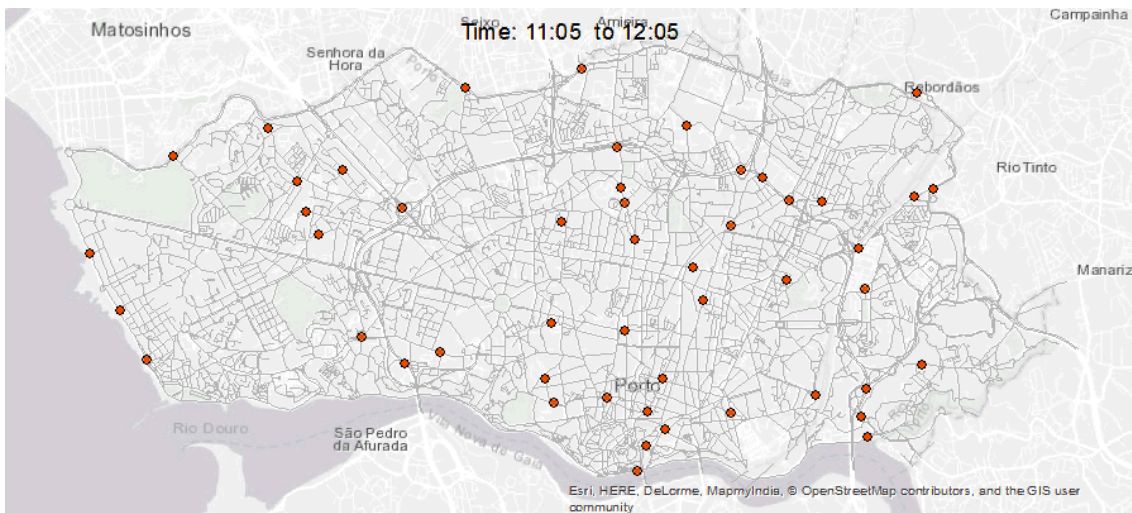
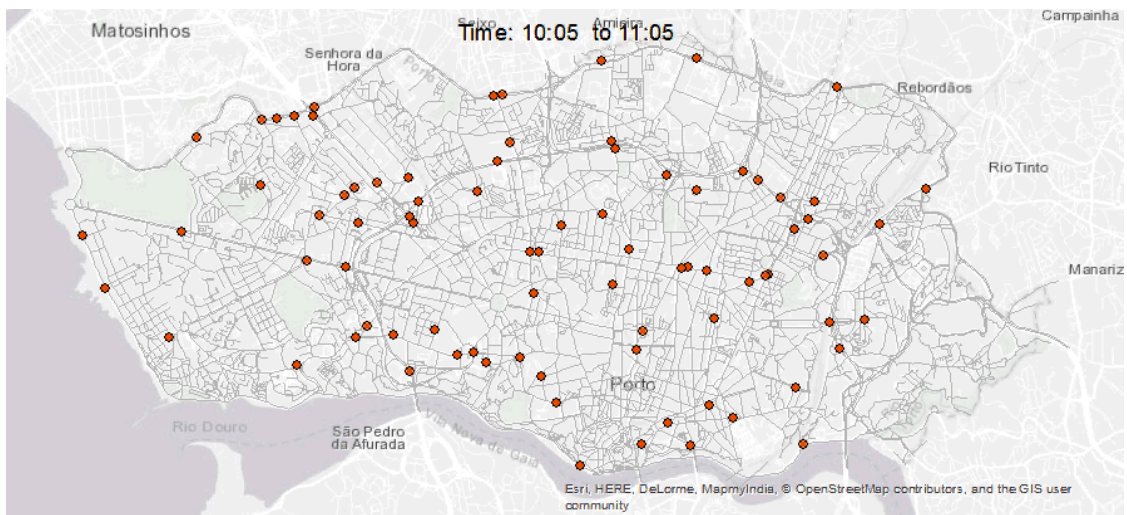
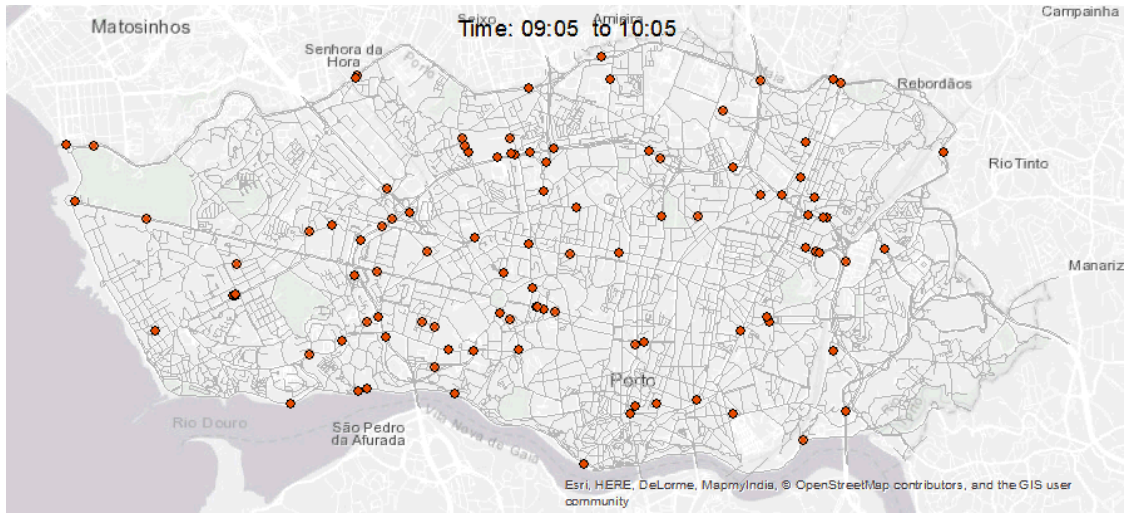












Anexo III – Arruamentos da cidade do Porto

