

SELEÇÃO DE INTERSEÇÕES COM POTENCIAL DE REDUÇÃO DA SINISTRALIDADE – APLICAÇÃO DO HSM

JOANA FILIPA CARVALHO MARTINS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professora Doutora Sara Maria Pinho Ferreira

FEVEREIRO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e Irmãos

“Qualquer destino, por longo e complexo que seja, consta na realidade de um só momento: o momento em que o homem sabe para sempre quem é.”

Jorge Borges

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Professora Doutora Sara Pinho Ferreira, pelo apoio que tem prestado e disponibilidade ao longo do semestre, partilha de conhecimentos e sugestões que permitiram cumprir os objetivos traçados.

À secção de vias de comunicação pelo apoio prestado.

Aos meus amigos e companheiros de faculdade. Sem eles, esta caminhada não seria possível.

Um agradecimento especial aos meus Pais e Irmãos pela compreensão e apoio incondicional durante o meu percurso académico.

À minha família, pelos valores que representa e pelo apoio incondicional.

RESUMO

Considerando a sinistralidade rodoviária como um flagelo que afeta as sociedades modernas, é importante perceber de que forma um processo de gestão de segurança rodoviária causa impacto na realidade rodoviária.

No caso da presente dissertação, esta focar-se-á na aplicação dos métodos de avaliação de desempenho do Highway Safety Manual (HSM). Este manual (HSM) desenvolvido pela Associação Americana das Estradas e Organismo de Transportes¹ e publicado em 2010, apresenta-se como um instrumento de novos métodos para a análise de segurança rodoviária. O HSM disponibiliza ao utilizador vários instrumentos quantitativos que o auxiliam de modo a quantificar os potenciais efeitos nos acidentes como consequência de decisões tomadas no planeamento, projeto, operação e manutenção, obrigando a que a segurança rodoviária seja sempre considerada em qualquer decisão futura.

Como tal e considerando o objetivo desta dissertação, o trabalho desenvolvido centrou-se na aplicação dos métodos de avaliação de desempenho, presentes no HSM, a 60 interseções da cidade do Porto.

Para a compreensão da aplicação dos métodos de avaliação de desempenho, realizou-se um enquadramento do HSM e a apresentação dos vários métodos, juntamente dos dados necessários para aplicação dos mesmos.

O recurso a dados de acidentes rodoviários relativos à cidade do Porto, a dados das interseções em estudo juntamente com o recurso dos dados disponibilizados em cada método de avaliação de desempenho, permitiu neste trabalho aplicar os métodos do HSM ao caso específico do Porto. Permitiu também, perceber a existência ou não dos dados essenciais para a aplicação dos vários métodos, como se poderá constatar ao longo da apresentação do caso prático.

PALAVRAS-CHAVE: Método de avaliação de desempenho, Interseção, Sinistralidade, Meio urbano, Highway Safety Manual.

¹ *American Association of Safety Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, em ingles;

ABSTRACT

Considering road accidents as a scourge that affects modern societies, it is important to understand the Roadway Safety Management Process in order to assess the impact on the reality road.

In the case of this dissertation, the focus will be on the application of the performance measure methods proposed by the Highway Safety Manual (HSM). This manual (HSM) developed by the American Association of State Highway and Transportation Officials, published in 2010, presents itself as an instrument of new methods for the analysis of road safety. The HSM provides to the user several quantitative tools that help to quantify the potential effects in accidents as a result of decisions taken in the planning, project, operation and maintenance, requiring that road safety is always considered in any future decision.

As such, and considering the aim of this dissertation, the work focused on the application of the performance measure methods presented in HSM, on 60 intersections of Porto city.

To understand the application of the performance measure methods, was performed a contextualization of the HSM and a presentation of the several methods, together with data needed to apply them.

The use of road accidents data relating to Porto's city, the data of the intersections under study along with the use of the data available in each performance measure method, has allowed to apply the methods provided by HSM, to the specific case of Porto. It also allowed, realize if there are or there aren't the essential data for the application of the various methods, as it may appear throughout the presentation of the case study.

KEYWORDS: Performance Measure Method, Intersection, Road accidents, Urban environment, Highway Safety Manual.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ÂMBITO	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. SINISTRALIDADE E TIPOLOGIA DE INTERSEÇÕES	5
2.1. SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA	5
2.1.1. EVOLUÇÃO GLOBAL DA SINISTRALIDADE EM PORTUGAL	5
2.1.2. ENQUADRAMENTO DE PORTUGAL NO CONTEXTO EUROPEU	9
2.1.3. SINISTRALIDADE – CIDADE DO PORTO	11
2.1.3.1. Acidentes rodoviários só com danos materiais	14
2.1.3.2. Acidentes rodoviários onde se registaram vítimas	15
2.2. TIPOLOGIA DE INTERSEÇÕES	17
2.2.1. PREFÁCIO E CONCEITO DE INTERSEÇÃO	17
2.2.2. PONTOS E MANOBRAS DE CONFLITO	17
2.2.3. TIPOS DE INTERSEÇÕES DE NÍVEL	20
2.2.3.1. Interseções de prioridade à direita	21
2.2.3.2. Interseções prioritárias	22
2.2.3.3. Interseções reguladas por sinalização luminosa	23
3. HIGHWAY SAFETY MANUAL E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	25
3.1. HIGHWAY SAFETY MANUAL	25
3.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	29
3.2.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (DADOS: ACIDENTES POR LOCALIZAÇÃO)	29
3.2.1.1. Frequência média de acidentes	29
3.2.1.2. Frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais (EADM)	30
3.2.1.3. Índice de gravidade relativa (IGR)	32
3.2.1.4. Excesso previsto da frequência média de acidentes - Método dos Momentos	33
3.2.1.5. Probabilidade de tipos específicos de acidentes excederem uma percentagem limite	36

3.2.1.6. Excesso de percentagem de tipos específicos de acidentes.....	39
3.2.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (DADOS: VOLUME DE TRÁFEGO).....	40
3.2.2.1. Taxa de acidentes	40
3.2.2.2. Taxa crítica de acidentes.....	42
3.2.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (DADOS: VOLUME DE TRÁFEGO E FPA).....	43
3.2.3.1. Nível de serviço de segurança (NSS)	44
3.2.3.2. Excesso previsto da frequência média de acidentes - FPAs	45
3.2.3.3. Frequência média de acidentes esperada - Método Empírico de Bayes (EB)	47
3.2.3.4. Frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais (EADM) - Método Empírico de Bayes (EB)	50
3.2.3.5. Excesso esperado da frequência média de acidentes – Método Empírico de Bayes (EB).....	52
4. IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE LOCAIS – APLICAÇÃO DO HSM À CIDADE DO PORTO.....	55
4.1. CARATERIZAÇÃO DOS DADOS.....	55
4.1.1. IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS INTERVENIENTES PARA O ESTUDO	55
4.2. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS A INTERSEÇÕES DE RISCO DA CIDADE DO PORTO.....	58
4.2.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES	58
4.2.2. SELEÇÃO DOS LOCAIS PARA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS COM DADOS DE TRÁFEGO E OUTROS DADOS.....	58
4.2.2.1. Populações de referência.....	63
4.2.2.2. Cálculo dos TMDAs para o estudo.....	66
4.2.2.3. Número de acidentes previsto para cada interseção através da FPA	67
4.2.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES EQUIVALENTE APENAS A DANOS MATERIAIS (EADM).....	77
4.2.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO PREVISTO DA FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES - MÉTODO DOS MOMENTOS	81
4.2.5. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROBABILIDADE DE TIPOS ESPECÍFICOS DE ACIDENTES EXCEDEREM UMA PERCENTAGEM LIMITE.....	85
4.2.6. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO DE PERCENTAGEM DE TIPOS ESPECÍFICOS DE ACIDENTES.....	92
4.2.7. APLICAÇÃO DO MÉTODO TAXA DE ACIDENTES.....	93
4.2.8. APLICAÇÃO DO MÉTODO TAXA CRÍTICA DE ACIDENTES	96
4.2.9. APLICAÇÃO DO MÉTODO NÍVEL DE SERVIÇO DE SEGURANÇA (NSS)	99
4.2.10. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO PREVISTO DA FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES – FPAs... 103	
4.2.11. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES ESPERADA - MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES (EB).....	107

4.2.12. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES EQUIVALENTE APENAS A DANOS MATERIAIS (EADM) - MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES (EB).....	111
4.2.13. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO ESPERADO DA FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES - MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES (EB).....	115
4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS	118
5. CONCLUSÃO	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
ANEXO I.....	133
ANEXO II	135
ANEXO III	139
ANEXO IV.....	141
ANEXO V	175
ANEXO VI.....	179
ANEXO VII.....	183

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Evolução dos acidentes com vítimas e índice de gravidade.....	6
Figura 2.2: Evolução dos indicadores de sinistralidade, no período 1990/2009.	7
Figura 2.3: Evolução do número de vítimas mortais e feridos graves dentro e fora de localidades em Portugal. ...	8
Figura 2.4: Percentagem de mortos e feridos graves relativamente ao total de vítimas em Portugal, dentro e fora de localidades.	8
Figura 2.5: Evolução de mortos por milhão de habitantes em acidentes rodoviários, 1991 a 2006 (Fonte: CARE).	10
Figura 2.6: Rede viária da cidade Porto.....	13
Figura 2.7: Distribuição dos acidentes nos quatro anos.	13
Figura 2.8: Evolução anual da sinistralidade só com danos materiais.	14
Figura 2.9: Variação anual da sinistralidade só com danos materiais.	14
Figura 2.10: Distribuição percentual do número total de vítimas [2008; 2011] por grau de gravidade.	15
Figura 2.11: Evolução do número de mortos e feridos graves, no período de tempo considerado.	15
Figura 2.12: Evolução do número de feridos leves, no período considerado.	16
Figura 2.13: Distribuição percentual de acordo com o tipo de acidente.....	16
Figura 2.14: Pontos de Conflito numa interseção em “Cruz” (Fonte: [13])......	18
Figura 2.15: Manobra de divergência (Fonte: [13]).	19
Figura 2.16: Manobra de convergência (Fonte: [13]).	19
Figura 2.17: Manobra de atravessamento (Fonte: [13])......	20
Figura 2.18: Manobra de viragem (Fonte: [14])......	20
Figura 2.19: Situações que contrariam as expectativas do condutor (Fonte: [13]).	21
Figura 2.20: Situações de “impasse” em interseções em “T” e em “X” (Fonte: [13])......	22
Figura 3.1: Network Screening Process (Fonte: [8]).	26
Figura 3.2: Fenómeno de regresso-à-média (Fonte: [17]).	28
Figura 4.1: Total de interseções existentes na rede viária do Porto (Fonte: [25]).	56
Figura 4.2: Distribuição percentual das interseções considerando o número total de acidentes.	57

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Posição Relativa Mortos/Milhão de habitantes (Fonte: Comissão Europeia – DG Energia e Transportes, 2006).....	10
Quadro 2.2: Valores totais de acidentes com vítimas, vítimas mortais, feridos graves e feridos leves por localidade [2004-2007] (Fonte: [11]).	11
Quadro 3.1: Estimativa do custo social de acidente por gravidade (Fonte: [8]).	31
Quadro 3.2: Níveis de confiança e valores P a utilizar no método taxa crítica de acidentes (Fonte: [8]).....	42
Quadro 3.3: Limites das categorias NSS (Fonte: [8]).....	45
Quadro 3.4: Estimativa do custo social de acidente por gravidade (Fonte: [8]).	54
Quadro 4.1: Interseções selecionadas para a aplicação dos métodos do HSM.	59
Quadro 4.2: População de referência SL.	64
Quadro 4.3: População de referência PD/P.	65
Quadro 4.4: Cálculo da tendência do TMDA.	66
Quadro 4.5: Valores dos coeficientes necessários para estimar a frequência de acidentes prevista.	67
Quadro 4.6: Valores das frequências médias previstas, obtidas pela FPA.....	68
Quadro 4.7: Fatores de ponderação correspondente a cada gravidade.....	78
Quadro 4.8: Classificação das interseções segundo a pontuação EADM.	79
Quadro 4.9: Frequência média de acidentes de cada população de referência.	82
Quadro 4.10: Variância da frequência média de acidentes, população de referência.	82
Quadro 4.11: Classificação das interseções de acordo com o PM.	83
Quadro 4.12: Percentagem de “colisão” observada nas interseções da população de referência PD/P.	86
Quadro 4.13: Percentagem limite de “colisão” estimada de cada população de referência.	87
Quadro 4.14: Variância dos 2 grupos referência.	87
Quadro 4.15: Valores da percentagem média de cada população de referência.	88
Quadro 4.16: Valores de α e β de cada população de referência.....	88
Quadro 4.17: Probabilidade de cada interseção exceder a percentagem limite da população de referência PD/P.	89
Quadro 4.18: Classificação das interseções de acordo com a probabilidade do acidente de “colisão” exceder a percentagem limite da população de referência.	90
Quadro 4.19: Classificação das interseções de acordo com o excesso de percentagem.	92
Quadro 4.20: Classificação das interseções de acordo com a taxa de acidentes.	94
Quadro 4.21: Taxa média ponderada de acidentes de cada população de referência.....	96
Quadro 4.22: Comparação da taxa de acidentes com a taxa crítica, calculadas para cada interseção.	97
Quadro 4.23: Desvio padrão de cada interseção do grupo de referência PD/P.	100

Quadro 4.24: Limites das categorias NSS para a interseção 10.....	101
Quadro 4.25: Atribuição da categoria a cada interseção do grupo de referência PD/P.	101
Quadro 4.26: Classificação das interseções em cada população de referência de acordo com a categoria NSS.	102
Quadro 4.27: Excesso previsto da frequência média de acidentes nas interseções da população de referência PD/P.....	104
Quadro 4.28: Classificação das interseções de acordo com o excesso previsto, segundo as populações de referência.	105
Quadro 4.29: Frequências esperadas da aplicação do método EB, da população de referência PD/P.....	109
Quadro 4.30: Classificação das interseções de acordo com a frequência média de acidentes esperada para o último ano de análise, segundo populações de referência.	110
Quadro 4.31: Fatores de ponderação correspondente a cada gravidade.	112
Quadro 4.32: Percentagem de vítimas mortais e feridos em cada população de referência.	113
Quadro 4.33: Ajustamento ponderado de cada população de referência.	113
Quadro 4.34: Classificação das interseções de acordo com a frequência média de acidentes esperada para o último ano de análise, segundo populações de referência.	114
Quadro 4.35: Classificação das interseções de acordo com o valor excesso esperado (2011), segundo populações de referência.....	117
Quadro 4.36: Métodos credíveis e suas classificações.....	124

LISTA DE SIGLAS

ADM – Apenas Danos Materiais
ANSR – Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária
BEAV – Boletim Estatístico de Acidente de Viação
BN – Binomial Negativa
CA – Custo de um acidente
DGV – Direção Geral de Viação
EADM – Equivalente Apenas a Danos Materias
EB – Empírico Bayes
ENSR – Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária
FMS – Fatores de Modificação de Sinistralidade
HSM – Highway Safety Manual
IGR – Índice de Gravidade Relativa
MEV – Milhões de veículos que entram na interseção
NSS – Nível de Serviço de Segurança
OMS – Organização Mundial de Saúde
PD/P – Prioridade à direita/Prioritárias
PM – Potencial de Melhoria
PNPR – Plano Nacional de Prevenção Rodoviária
RTM – Regresso-à-média
SL – Sinais Luminosos
TEV – Total de veículos que entram na interseção por dia
TMDA – Tráfego Médio Diário Anual
UE – União Europeia

1

INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO

A evolução da sociedade e o desenvolvimento do veículo automóvel tem transformado por completo a vida do Homem. Do ponto de vista da mobilidade, este instrumento permitiu uma melhoria na qualidade de vida, uma vez que facilita o acesso e possibilita um maior alcance a bens e serviços necessários. Por outro lado, inerentes a este desenvolvimento estão questões de elevado valor/preocupação que inquietam a sociedade. A utilização massiva deste veículo conduz a uma degradação do meio ambiente, quer por gases poluentes quer por poluição sonora. Implica, entre outros, um aumento de tráfego rodoviário que transita nas redes viárias, dando assim origem a congestionamentos rodoviários.

A Segurança Rodoviária é uma área que se debruça sobre os conflitos e congestionamentos que ocorrem nas redes rodoviárias e tem como objetivo mitigá-los através de políticas e medidas. É condicionada por um conjunto de fatores que originam os principais problemas, traduzindo-se na sinistralidade.

A consciência do risco associado à circulação automóvel incitou a criação de organizações que se debruçam sobre a problemática do “acidente”, tais como a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), antigamente designada como Direcção Geral de Viação (DGV), a nível nacional, e a Organização Mundial de Saúde (OMS) a nível internacional, a qual tem desenvolvido estudos que demonstram a realidade da sinistralidade mundialmente, alertando para importância deste combate.

Diversos factores, designadamente o humano, o ambiental, o veículo e o factor via, são intervenientes no sistema rodoviário traduzindo-o num sistema complexo. O carácter inconstante dos mesmos implica uma permanente mudança no tipo de análise, abordagem e intervenção a efectuar, na perspectiva da Segurança Rodoviária. A interacção destes elementos e/ou dos utentes rodoviários, por diversas vezes, culminam em conflitos, os quais implicam a interrupção do trânsito e mobilidade [1].

De acordo com o entendimento dominante, acidente de viação consiste na *“ocorrência na via pública ou que nela tenha origem envolvendo pelo menos um veículo, do conhecimento das entidades fiscalizadoras (GNR; GNR/BT e PSP) e da qual resultem vítimas e/ou danos materiais”* [2].

Não obstante o custo emergente de um acidente rodoviário ser economicamente avultado, os danos morais, como o sofrimento das vítimas e familiares, podem alcançar valores sociais e psíquicos bastante superiores, podendo perdurar por vários anos [3].

Segundo as previsões da OMS, as mortes e incapacidades provocadas por acidentes rodoviários pode alcançar a quinta posição no *ranking* de causas de morte, por volta de 2030. Cada ano, por todas as estradas do mundo morrem mais de 1,2 milhões de pessoas, o que representa mais de 3000 mortes por dia [4].

Na maioria das regiões do mundo o flagelo da sinistralidade rodoviária continua em crescimento. Comparando as taxas de mortalidade, derivado de acidentes rodoviários, entre os países sub desenvolvidos e os mais desenvolvidos, os primeiros destacam-se com taxas altíssimas. Estima-se que 90% das mortes/vítimas em estradas de todo o mundo ocorrem nos países pouco desenvolvidos. Relativamente aos países mais desenvolvidos, esta causa ainda permanece entre as principais causas de morte, apesar de ao longo das últimas cinco décadas se verificar um decréscimo.

Na faixa etária [5-44] os acidentes de trânsito constituem uma das três principais causas de morte. Caso não seja tomada uma acção imediata e eficaz as previsões da OMS poderão tornar-se realidade [4].

Em Portugal, a principal causa de morte de pessoas até aos 35 anos são acidentes rodoviários, e por isto várias medidas estruturais e outras com vista à diminuição da sinistralidade rodoviária têm vindo a ser concretizadas. O primeiro Plano Nacional de Prevenção Rodoviária (PNPR) surgiu em 2003 com o objectivo de redução de pelo menos 50% o número de vítimas mortais e feridos graves até 2010, e em 60% o número de vítimas dentro de localidades, número de peões mortos e feridos graves, e número de utentes de veículos de duas rodas a motor mortos e feridos graves. Em consequência, nos últimos anos, segundo a ANSR é possível verificar resultados positivos traduzidos numa redução do número de vítimas provenientes de acidentes de viação [5].

Contudo, Portugal tem ainda um longo caminho a percorrer para alcançar os países com os melhores padrões de segurança rodoviária. A estrutura da segurança rodoviária revela-se ainda “debilitada” mas com perspectivas positivas de futuro[6].

Em meio urbano, o ambiente rodoviário evidencia inúmeros condicionalismos, podendo assim afirmar-se que a rede viária se converte num sistema diverso e complexo, onde a probabilidade do acontecimento “acidente” é maior. Nesta envolvente, factores como a diversidade dos meios de transporte, e suas características, o movimento de peões e, a variedade de deslocações e funções são aspectos que influenciam a visão (por vezes diminuindo-a) e modo de agir dos condutores.

O estudo realizado em 2007 pela ANSR confirma o escrito anteriormente. De acordo com a caracterização da sinistralidade em Portugal destaca-se a incidência de acidentes no interior de localidades, constituindo o maior foco de preocupação em zona urbana.

A otimização do desempenho da rede viária urbana está inteiramente ligada à otimização das suas interseções. Pois, são estas os pontos mais críticos e de maior conflito viário, resultando por isso numa elevada concentração de acidentes [7].

No presente trabalho pretende-se aplicar os métodos de avaliação de desempenho, contemplados no Highway Safety Manual (HSM), com o intuito de seleccionar as interseções com maior potencial de redução do número de acidentes, após identificar as interseções mais críticas da cidade do Porto, com recurso a uma lista de acidentes ocorridos entre 2008-2011, e organizá-las em função da prioridade de intervenção mais adequada [8]. A intervenção através de medidas de engenharia, em geral de baixo custo, é uma ferramenta que possibilita uma requalificação da rede pensada com o intuito de reduzir a sinistralidade rodoviária e que apresenta uma elevada eficiência (baixo custo de intervenção e com altos benefícios em termos de diminuição de acidentes) [6].

1.2. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como principal objetivo a aplicação dos métodos de avaliação de desempenho expostos no Highway Safety Manual (HSM) e sua análise, por forma a classificar os locais de risco identificados com base no potencial de redução da frequência média de acidentes de cada um e também perceber as limitações da aplicação dos mesmos ao caso português. Assim, primariamente

este estudo debruça-se sobre a aplicação dos métodos referidos à realidade portuguesa, mais concretamente ao caso das interseções da cidade do Porto.

Para desenvolver este trabalho, foi necessário realizar uma análise sobre os registos de acidentes rodoviários da cidade do Porto. Esta informação foi fornecida em ficheiro excell pela Professora Sara Ferreira. Os registos são relativos a acidentes rodoviários ocorridos no período de 2008 a 2011, no Porto. Após a localização dos acidentes na rede viária do Porto obtiveram-se as interseções mais problemáticas da rede, as quais formam o grupo de estudo inicial.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos do seguinte modo:

Capítulo 1 – Introdução: Nesta secção é abordada a importância da segurança rodoviária, a definição dos objetivos e a estrutura do trabalho;

Capítulo 2 – Sinistralidade e tipologia de interseções: Neste capítulo, é feita uma análise da sinistralidade nacional ao longo das últimas décadas, seguida da contextualização da realidade portuguesa a nível europeu. É feita também uma análise de sinistralidade global ocorrida na cidade do Porto, entre 2008 e 2011. Por fim são apresentadas as principais interseções de nível utilizadas em meio urbano.

Capítulo 3 – Highway Safety Manual e métodos de avaliação de desempenho: Neste capítulo é feita uma abordagem ao livro adjacente a este estudo, o Highway Safety Manual (HSM) e são apresentados os métodos de avaliação de desempenho a serem aplicados nas interseções identificadas da cidade do Porto.

Capítulo 4 – Identificação e seleção de locais – Aplicação do HSM à cidade do Porto: Neste capítulo são descritos o procedimento e critérios para a identificação das interseções intervenientes no grupo de estudo. É também apresentada a aplicação de cada método às interseções identificadas. E por fim é feita uma análise crítica da aplicação dos métodos e resultados.

Capítulo 5 – Conclusões: Por fim, sumarizam-se as dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento deste trabalho, indicando possíveis futuras investigações derivado das lacunas descritas ao longo deste trabalho.

2

SINISTRALIDADE E TIPOLOGIA DE INTERSEÇÕES

2.1. SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA

Nesta secção, pretende-se fazer o enquadramento da sinistralidade em Portugal. Para tal far-se-á uma abordagem da tendência de evolução da sinistralidade (através da apresentação de gráficos demonstrativos da realidade Portuguesa (1990/2009), e breve comparação entre cidades de maior dimensão). Posteriormente, é contextualizada a situação portuguesa no plano Europeu. Por fim, descrever-se-á a sinistralidade da cidade do Porto, recorrendo a registos de acidentes do período de 2008 a 2011. Estes dados, registos de acidentes ocorridos na cidade do Porto, foram fornecidos pela Professora Sara Pinho Ferreira em formato Excell.

Primeiramente, falando-se de acidentes de viação, considera-se necessário disponibilizar um conjunto de conceitos, cujas definições são da autoria da antiga Direcção Geral de Viação (DGV) e assumidas pela atual Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), estas encontram-se no Anexo I.

2.1.1. EVOLUÇÃO GLOBAL DA SINISTRALIDADE EM PORTUGAL

É sabido que o comportamento dos condutores diverge bastante consoante o país em questão, inclusivamente de cidade para cidade, sendo uma acção dependente do meio socioeconómico e de fatores culturais.

Os acidentes de viação são uma das principais causas de mortalidade e lesões, sendo a camada jovem a mais afetada. Apesar da taxa de sinistralidade em Portugal ter vindo a diminuir, é ainda elevada.

De forma a perceber melhor a dimensão e tipologia dos problemas portugueses relativos à Segurança Rodoviária em Portugal, e também as tendências de evolução ao longo dos últimos anos, considerou-se oportuno apresentar vários indicadores de sinistralidade referentes ao período de 1990/2009.

A análise que se segue é baseada em valores obtidos com recurso a dados estatísticos do relatório anual do Observatório de Segurança Rodoviária da ASNR, do ano de 2009 [2].

Como se pode constatar na figura 2.1, a evolução do número de acidentes com vítimas ao longo do período mencionado, apesar de algumas irregularidades, é essencialmente decrescente, aproximadamente desde 1997.

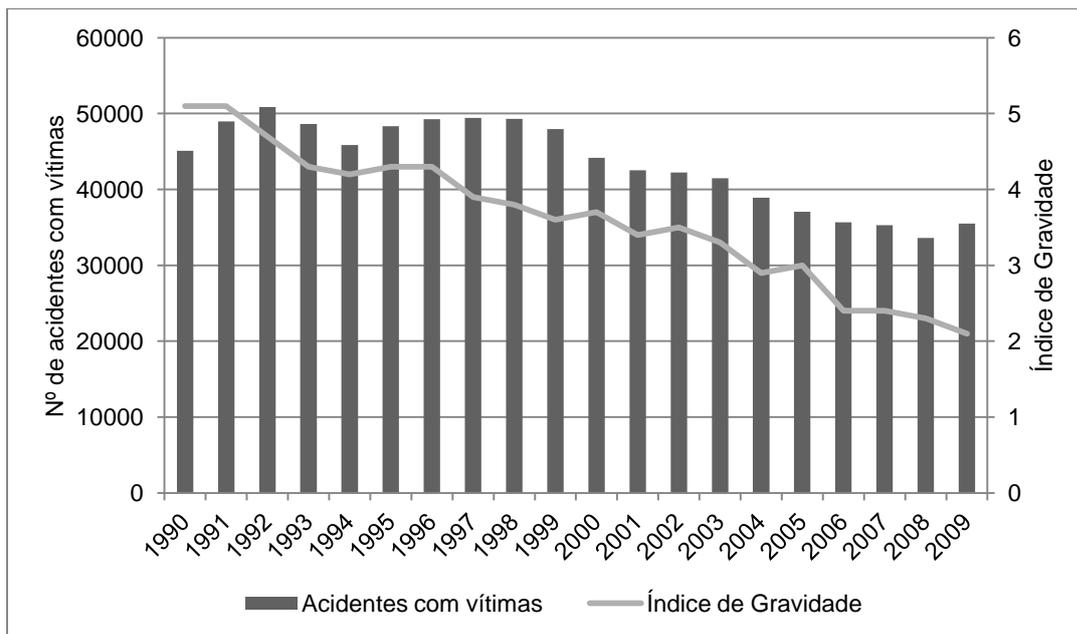


Figura 2.1: Evolução dos acidentes com vítimas e índice de gravidade.

Em Portugal Continental, entre 1990 e 2009, ocorreram pelo menos 870.000 acidentes com vítimas, dos quais resultaram 32.276 vítimas mortais e mais de 1.170.000 feridos. No ano de 1990 registaram-se 45.110 acidentes com vítimas, enquanto que no ano de 2009 verificaram-se 35.484, comprovando o decréscimo da sinistralidade.

O índice de gravidade caracterizador da gravidade “média” dos sinistros, é uma ferramenta utilizada para representar a probabilidade de morte no envolvimento em acidentes com vítimas. Analisando a figura 2.1 é evidente a tendência decrescente deste índice.

É possível consultar, de forma pormenorizada, os valores do número de acidentes com vítimas e de índice de gravidade para cada ano no quadro apresentado em Anexo II. Estes valores são uma subestimação, pois existem muitos acidentes não contabilizados (por exemplo colisões com fuga, a não atualização do estado de gravidade da vítima).

Para reforçar a ideia do trabalho positivo por parte das entidades responsáveis da segurança rodoviária, na figura 2.2 apresentam-se os indicadores de sinistralidade, centrando-se no número de vítimas mortais, feridos graves e feridos leves.

Através da análise da curva representativa do número de vítimas mortais (ver fig. 2.2), verifica-se que houve um decréscimo significativo. No ano de 2009 alcançou-se um valor claramente inferior à metade do valor contabilizado no ano de 1990. Em 1990 registaram-se pelo menos 2.321 mortos, e em 2009 houve o registo “de apenas” 737. É de salientar, que desde 2006 o registo de vítimas mortais é inferior a 1000 mortos, o que corresponde a menos de 3 mortos por dia.

Examinando a variação do número de feridos graves (ver fig. 2.2), pode dizer-se que este indicador sofreu uma diminuição acentuada. Entre 1990 e 2009 verificou-se uma redução de 80%, passando de 12.165 feridos graves para 2.642. A média anual de feridos graves foi de 7430, valor esse que não é ultrapassado desde 2000. Estes registos são o resultado da ação da segurança rodoviária, onde se pretende atingir níveis de segurança adequados, tornado as estradas mais seguras.

O balanço da evolução do último indicador também se revela positivo, o qual é confirmado pelo sentido decrescente da curva representativa do números de feridos ligeiros. Contudo, dos 3 indicadores analisados, este é o que apresenta um comportamento mais instável durante o período de estudo, em alguns anos houve um aumento significativo do número de feridos leves. O aumento mais evidente ocorreu entre 1990 e 1991, registando-se um aumento de 5.823 feridos ligeiros. Também entre os anos de 1996 e 1998 é possível ver um aumento contínuo, o que implicou que variação do número total de feridos (sinistrados) ao longo desses 2 anos fosse constante, diferenciando-se da tendência de decréscimo do número de feridos graves.

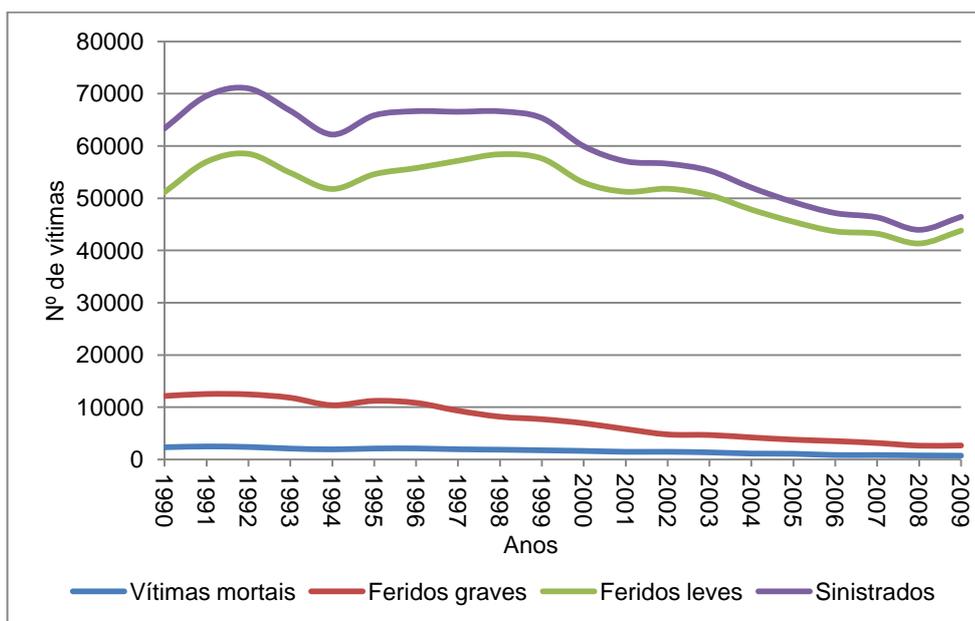


Figura 2.2: Evolução dos indicadores de sinistralidade, no período 1990/2009.

Complementando estes dados, na figura seguinte (figura 2.3), mostra-se as curvas do número de vítimas desagregadas relativamente ao local de ocorrência (dentro ou fora de localidades), no período de 1998/2009. Para esta análise não foi possível recolher os dados do mesmo período dos indicadores anteriores, e por isso os registos ilustram um período mais curto (quadro de valores no Anexo II).

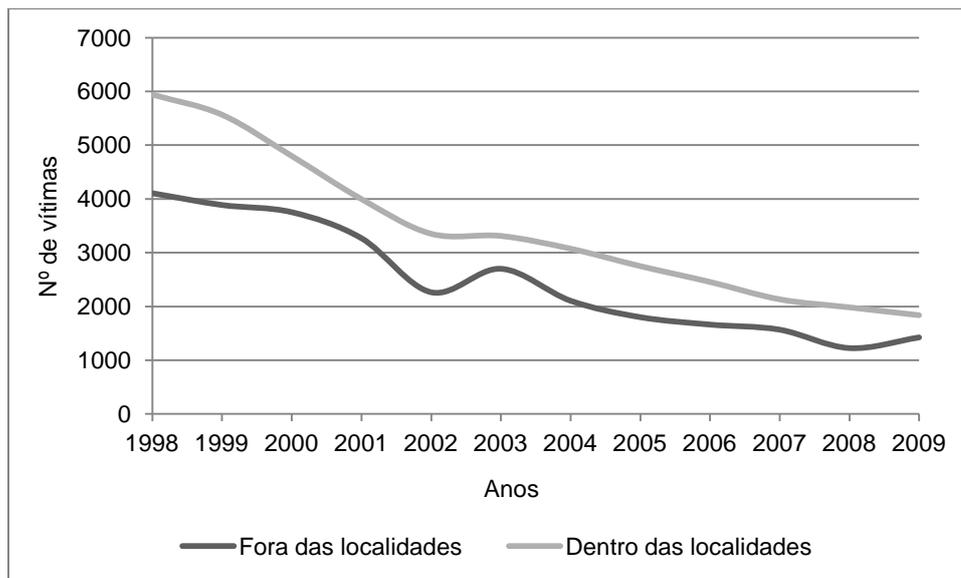


Figura 2.3: Evolução do número de vítimas mortais e feridos graves dentro e fora de localidades em Portugal.

Da comparação entre a evolução do número de vítimas mortais e feridos graves dentro e fora das localidades, verifica-se que o número de mortos e com ferimentos graves dentro de localidades é muito superior. Contudo, é de notar o decréscimo muito acentuado desta curva, onde se registou 5.939 vítimas em 1998 e evoluiu para 1.839 vítimas mortais e feridos graves em 2009. Relativamente à situação fora de localidades, excetuando o pico de 2003, a curva não tem sofrido grandes alterações nos anos mais recentes.

Em seguida, na figura 2.4, é apresentada, com maior detalhe, informação sobre o tipo de vítimas ocorridas em Portugal entre 1998 e 2009 dentro e fora de localidades.

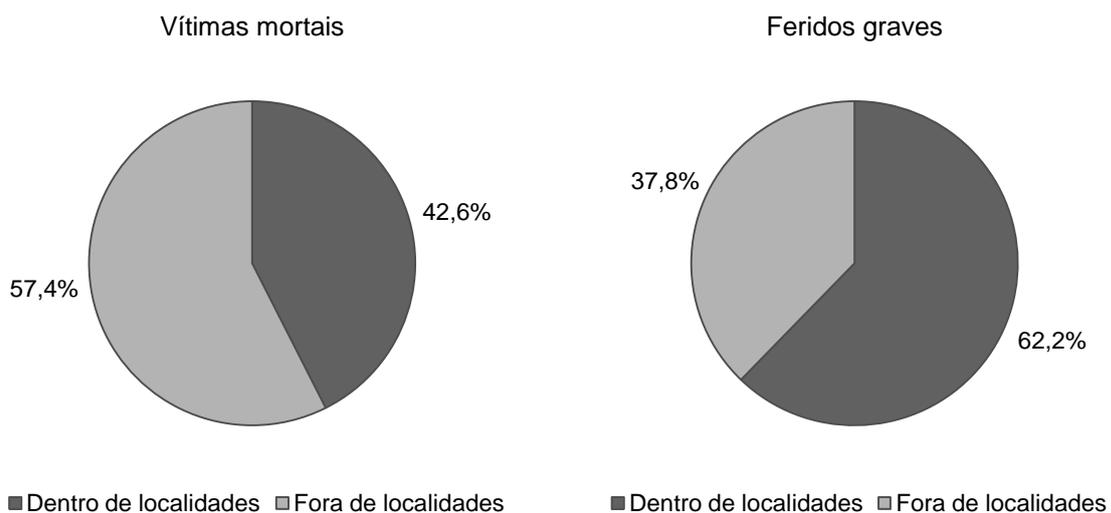


Figura 2.4: Percentagem de mortos e feridos graves relativamente ao total de vítimas em Portugal, dentro e fora de localidades.

Através dos resultados apresentados verifica-se que, relativamente às vítimas mortais, a incidência é superior fora de localidades, constatando-se o contrário no caso dos feridos graves. Devido à indisponibilidade de dados, não foi possível apresentar a percentagem referente aos feridos ligeiros.

Embora as vítimas mortais são aparentemente em maior número fora das localidades, a diferença do valor percentual é reduzida. Por outro lado, a classificação de mortos geralmente utilizada nestes relatórios é referente a morto “24 horas” e não a morto a “30 dias” que é a definição oficial e internacional de morto. Significa que parte dos feridos graves registados acabam por falecer nos 30 dias subsequentes ao acidente. Como tal, analisando em conjunto a percentagem de feridos graves e mortos verifica-se uma grande incidência dentro de localidades. Por este facto, vários estudos e trabalhos na área da segurança rodoviária incidem no meio urbano, tal como a presente dissertação, nomeadamente, em acidentes ocorridos nas interseções de nível.

Como já foi referido na introdução, a elaboração e cumprimento do Plano Nacional de Prevenção Rodoviária (PNPR) pretendeu criar mecanismos para um desempenho técnico consistente, tendo como objetivo a melhoria contínua da segurança rodoviária nacional. Até ao ano de 2010, pretendia-se uma redução de 50% do número mortos e feridos graves, tendo como base a média de sinistralidade registada entre os anos de 1998 a 2000. Os objetivos delineados para o ano 2009 foram atingidos de acordo com os dados da ANSR.

Embora na generalidade os indicadores de sinistralidade rodoviária apresentem uma tendência bastante favorável, não se pode ignorar os números totais, principalmente quando comparados com outros países da União Europeia. Para dar continuação à evolução positiva que se tem registado, e também porque o PNPR incidia apenas no período de 2003-2008, em 2009 foi lançada a Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária (ENSR). Este documento visa colocar Portugal entre os 10 países da União Europeia (UE) com a mais baixa sinistralidade rodoviária, medida em mortos a 30 dias por milhão de habitantes² [9].

Terminada esta primeira análise geral, de seguida é descrita a posição de Portugal comparativamente a outros países da UE.

2.1.2. ENQUADRAMENTO DE PORTUGAL NO CONTEXTO EUROPEU

Hoje em dia, os países não se encontram sozinhos, estando sempre por trás a UE, para aqueles que estão envolvidos. Por isto, é adequado retratar este tema a nível europeu de modo a situar Portugal relativamente aos outros países.

A Suécia, o Reino Unido, e os Países Baixos foram os Estados-Membros que apresentaram melhores resultados em termos de segurança rodoviária, pois foram os primeiros a implementar medidas a vários níveis [10].

Relativamente a Portugal, com a evolução do combate à sinistralidade rodoviária, conseguiu aproximar-se do valor médio de vítimas mortais por milhão de habitantes da União Europeia.

A figura 2.5 apresenta a evolução do número de vítimas mortais por milhão de habitantes registados em acidentes rodoviários em Portugal e para a média Europeia, no período de 1991 a 2006.

² As estatísticas europeias, base de dados CARE, utilizam como padrão os mortos a 30 dias. Em Portugal estes dados não estão disponíveis, pelo que se utiliza um factor de conversão (mortos a 24 horas x 1,14).

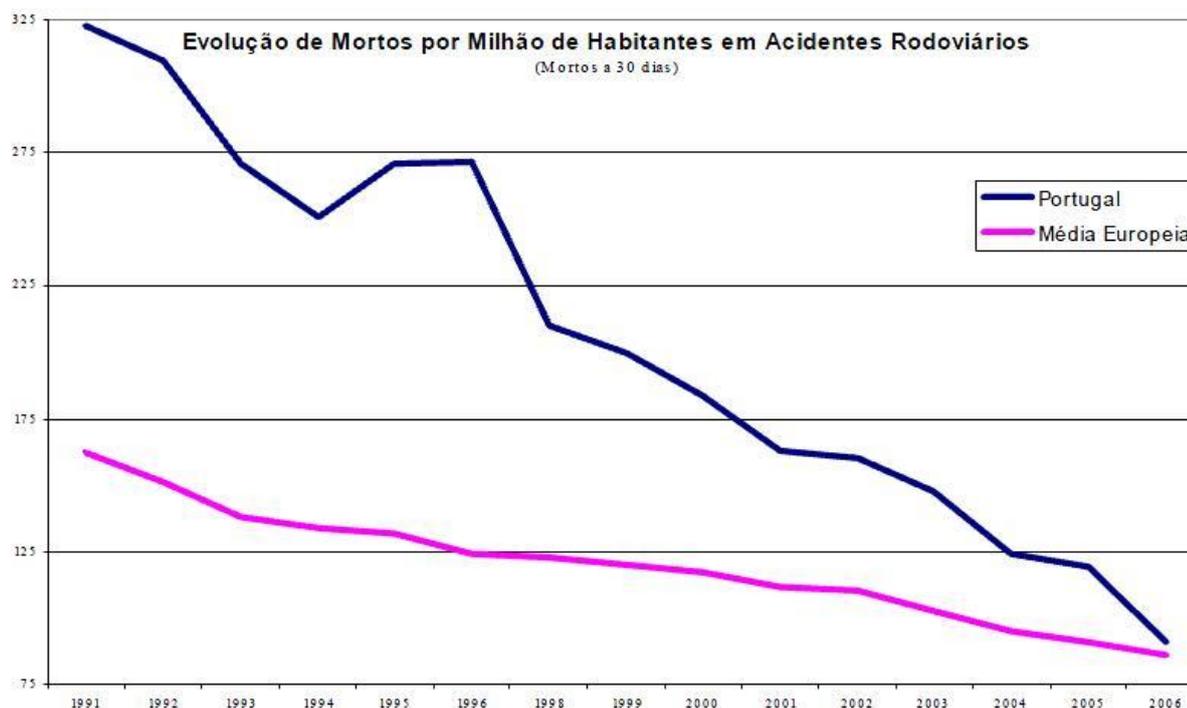


Figura 2.5: Evolução de mortos por milhão de habitantes em acidentes rodoviários, 1991 a 2006 (Fonte: CARE).

Nesta última década, Portugal foi o país que apresentou a descida mais significativa de vítimas mortais relativamente a outros países Europeus, apresentando assim a melhor evolução de toda a Europa dos 25 (54,5% contra 28,3% da média comunitária). Portugal conseguiu sair da cauda da Europa (Europa a 15), desde 1975, para uma posição muito próxima da média europeia em 2006 (Europa a 27). Tendo em conta os mesmos 15 países membros da CEE, neste período, Portugal ultrapassou três deles (Itália, Bélgica e Grécia), nas estatísticas internacionais.

No quadro 2.1, estão presentes os 27 países da União Europeia onde Portugal surge no 13º lugar. Apesar de estar já situado acima do meio do quadro de sinistralidade ainda apresenta um rácio de mortos por milhão de habitantes superior à média (91 contra 86).

Quadro 2.1: Posição Relativa Mortos/Milhão de habitantes (Fonte: Comissão Europeia – DG Energia e Transportes, 2006).

Posição Relativa - Mortos/Milhão de habitantes na Europa a 27					
1º	Malta	25	14º	Itália	92
2º	Holanda	43	15º	Eslováquia	97
3º	Suécia	49	16º	Bélgica	98
4º	Reino Unido	56	17º	República Checa	104
5º	Dinamarca	58	18º	Chipre	112
6º	Alemanha	62	19º	Roménia	122
7º	Finlândia	66	20º	Bulgária	124
8º	França	75	21º	Eslovénia	128

Posição Relativa - Mortos/Milhão de habitantes na Europa a 27					
9º	Luxemburgo	78	22º	Hungria	130
10º	Áustria	84	23º	Polónia	137
11º	Espanha	85	24º	Grécia	150
	União Europeia (Média)	86	25º	Estónia	152
12º	Irlanda	87	26º	Letónia	177
13º	Portugal	91	27º	Lituânia	223

O padrão evolutivo do passado recente português e o conhecimento dos padrões típicos de outros países mais desenvolvidos permite perspectivar a tendência natural de evolução previsível para o futuro próximo em Portugal. Tendo como referência países como o Reino Unido e a Suécia, para perspectivar a evolução da sinistralidade em Portugal, é de notar que nestes países mais avançados, tem-se registado que a evolução da taxa de sinistralidade é marcada por uma tendência de redução relativamente lenta. Isto permite dizer, que a partir de um certo patamar as melhorias a este nível vão sendo progressivamente mais difíceis de atingir. Aprofundando-se a análise de outros dados disponíveis ao nível da UE, conclui-se que tanto a Suécia como o Reino Unido demoraram perto de 30 anos para atingirem a última redução de 50% nos valores da sinistralidade [6].

Face à análise dos dados apresentados, é possível afirmar, no que respeita ao número de mortos e de feridos graves, que Portugal está em boas condições para, ao longo dos próximos anos, registar melhorias significativas das taxas de sinistralidade e, basicamente, convergentes com os valores apresentados pelos países de melhores resultados nesta matéria.

Conhecidas as realidades nacional e internacional de Portugal, apresenta-se no próximo ponto informações sobre a sinistralidade ocorrida no Porto no período de 2008 a 2011, tendo como base os registos obtidos, e já referenciados.

2.1.3. SINISTRALIDADE – CIDADE DO PORTO

Quando se pretende reduzir a sinistralidade de uma determinada região, revela-se fundamental uma análise estatística das ocorrências para melhor perceber a sua evolução e distribuição temporal.

Antes de mais, é feita uma pequena comparação entre os principais centros urbanos de Portugal (Lisboa, Porto, Braga, Coimbra, e Faro). No quadro 2.2 apresentaram-se os principais indicadores de sinistralidade das 5 cidades consideradas, entre 2004 e 2007.

Quadro 2.2: Valores totais de acidentes com vítimas, vítimas mortais, feridos graves e feridos leves por localidade [2004-2007] (Fonte: [11]).

		Lisboa	Porto	Braga	Coimbra	Faro	Total Dentro de localidades	Total Nacional
Acidentes com vítimas	Valor absoluto	10025	3392	2129	1947	844	103143	147653
	% DL ³	9,77	3,31	2,08	1,9	0,82		

³ Dentro de localidades

		Lisboa	Porto	Braga	Coimbra	Faro	Total Dentro de localidades	Total Nacional
Vítimas mortais	% Total Nacional	6,82	2,31	1,45	1,32	0,57		
	Valor absoluto	108	40	29	21	21		
	% DL	6,38	2,36	1,71	1,24	1,24	1717	3972
Feridos Graves	% Total Nacional	2,75	1,02	0,74	0,53	0,53		
	Valor absoluto	1169	131	203	48	70		
	% DL	13,4	1,5	2,33	0,55	0,8	8889	14951
Feridos Leves	% Total Nacional	8,03	0,9	1,4	0,33	0,48		
	Valor absoluto	11300	4127	2665	2384	913		
	% DL	9,29	3,39	2,19	1,96	0,75	124267	185348
	% Total Nacional	6,27	2,29	1,48	1,32	0,51		

Como se pode confirmar, Lisboa sendo a grande metrópole Portuguesa, é o centro urbano com maior número de acidentes com vítimas, cerca de 10% dos acidentes que ocorreram dentro da localidade Lisboa corresponderam a acidentes com vítimas, a nível nacional representaram 6,82% dos acidentes. Relativamente ao número de feridos graves, na época em estudo, apresentou a percentagem mais alta, 13,4% do número total de vítimas dentro de localidade.

Em segundo lugar surge o Porto, com uma diferença significativa em relação ao número de acidentes com vítimas quando comparado com Lisboa. Entre 2004 e 2007 registaram-se 3.392 acidentes com vítimas, dos quais resultaram 4.127 feridos ligeiros. É de realçar a grande diferença populacional que existe entre ambas, e também por isto é natural que Lisboa apresente constantemente indicadores superiores.

Braga e Coimbra apresentaram valores próximos, inferiores aos de Lisboa e Porto, no entanto Coimbra destaca-se com valores ligeiramente inferiores, no número de feridos leves observou-se a maior distanciação, com uma diferença de 281 feridos leves.

Faro surge como o centro urbano com os indicadores mais baixos, entre os mencionados. As percentagens de todos os indicadores em relação ao total nacional são inferiores a 1%.

Atendendo à informação apresentada, o Porto é o segundo centro urbano com indicadores de sinistralidade mais elevados, e constitui o caso de estudo.

Antes de avançar para uma análise global sobre os registos de acidentes ocorridos na cidade do Porto entre 2008 e 2011, e a fim de perceber melhor a dimensão espacial da informação bem como da densidade da rede viária apresenta-se de seguida a figura 2.6, representativa da rede viária da cidade do Porto obtida através do programa ArcGis.



Figura 2.6: Rede viária da cidade Porto.

Aprofundando a análise do número de acidentes de viação ocorridos no Porto (ver figura 2.7), verifica-se que os acidentes onde só se registaram danos materiais são muito mais numerosos do que os acidentes com vítimas.

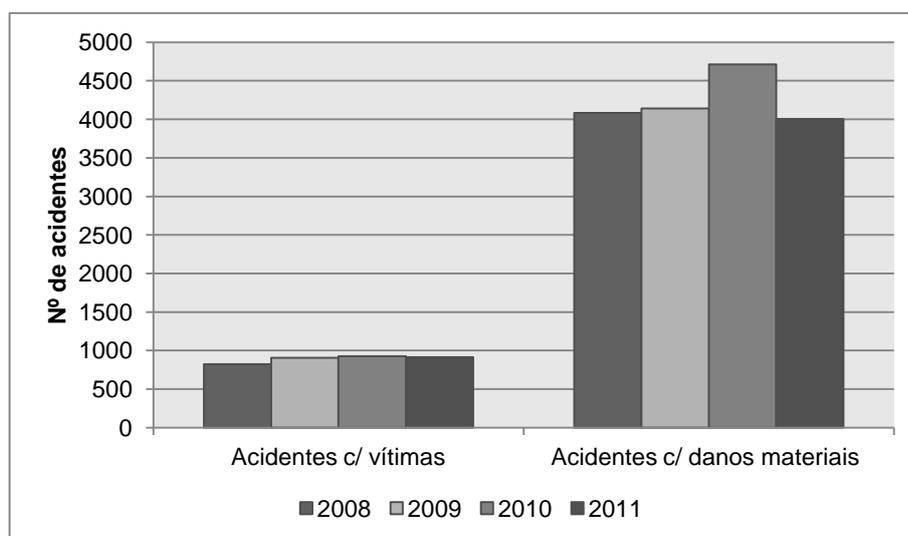


Figura 2.7: Distribuição dos acidentes nos quatro anos.

Neste sentido, a informação seguinte é estruturada de acordo com ocorrências em que se registaram vítimas e ocorrências em que apenas se registaram danos materiais. Esta distinção baseia-se no facto da definição de morto a 30 dias, a qual pode não ter sido considerada nos registos, e assim provavelmente alguns de feridos graves correspondem a mortos. Os registos de acidentes são referentes ao período de Janeiro de 2008 a Dezembro de 2011 (inclusivé), estes dados foram fornecidos pela professora Sara Pinho Ferreira. Neste período de tempo, registaram-se 20.513 acidentes, o que se traduz numa média anual de cerca de 5.129 acidentes.

2.1.3.1. Acidentes rodoviários só com danos materiais

Inicia-se a análise pelos registos dos acidentes rodoviários onde só se verificaram danos materiais. Na figura 2.8 expõe-se a evolução da sinistralidade. As figuras apresentadas ajudam a compreender melhor a evolução da sinistralidade ao longo do tempo de estudo, e foram elaboradas com base no quadro exposto no Anexo III, o qual apresenta detalhadamente os números de acidentes rodoviários só com danos materiais distribuídos por mês relativamente a cada ano.

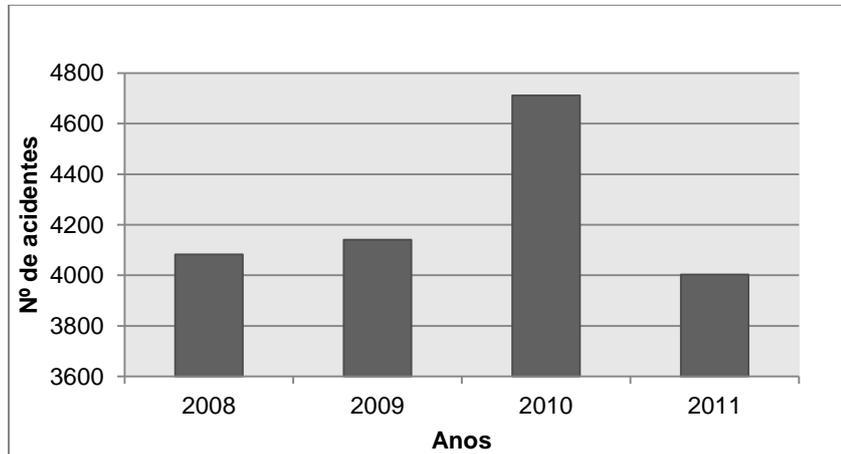


Figura 2.8: Evolução anual da sinistralidade só com danos materiais.

Contrariamente ao que seria de esperar, pode confirmar-se (ver figura 2.8) que o número de acidentes só com danos materiais aumentou ao longo dos três primeiros anos de análise, sendo que 2010 verifica-se um aumento muito significativo do número de acidentes só com danos materiais. Em 2011 verifica-se um grande decréscimo marcado por uma diferença de 702 acidentes relativamente a 2010.

Através da figura 2.9, constata-se que houve uma grande variação anual de cada ano considerado, porém nenhuma das curvas apresenta uma clara tendência decrescente. No mês de agosto é notável a tendência de redução de ocorrências, um facto que advém, possivelmente, da redução dos fluxos de tráfego uma vez que este é o mês preferido dos portugueses para usufruírem as suas férias.

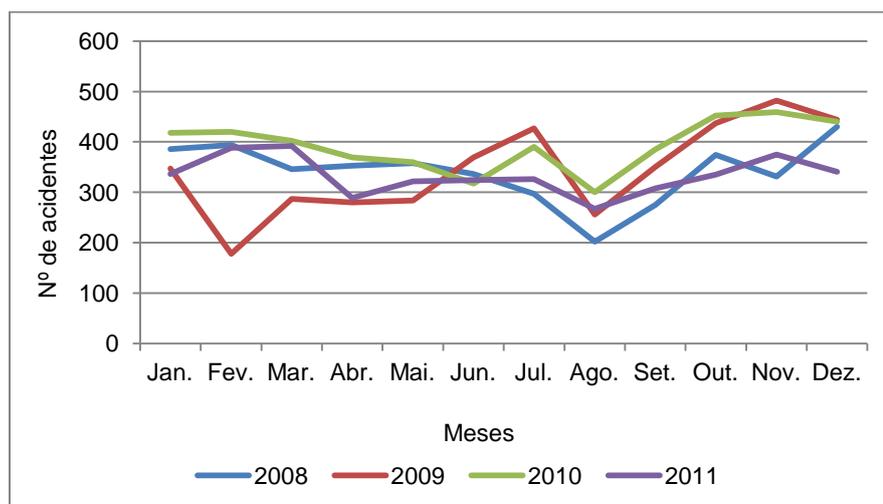


Figura 2.9: Variação anual da sinistralidade só com danos materiais.

2.1.3.2. Acidentes rodoviários onde se registaram vítimas

Recorrendo à definição de acidente com vítimas, acidente do qual resulte pelo menos uma vítima, a vítima será classificada, posteriormente, consoante a gravidade, donde pode resultar em vítima mortal, ferido grave e ferido ligeiro. Em Portugal os registos de mortos apenas se referem a vítimas que faleceram nas primeiras 24 horas após o acidente.

Na próxima figura (figura 2.10) representa-se a distribuição percentual do número total de vítimas registada no período de tempo analisado, por grau de gravidade.

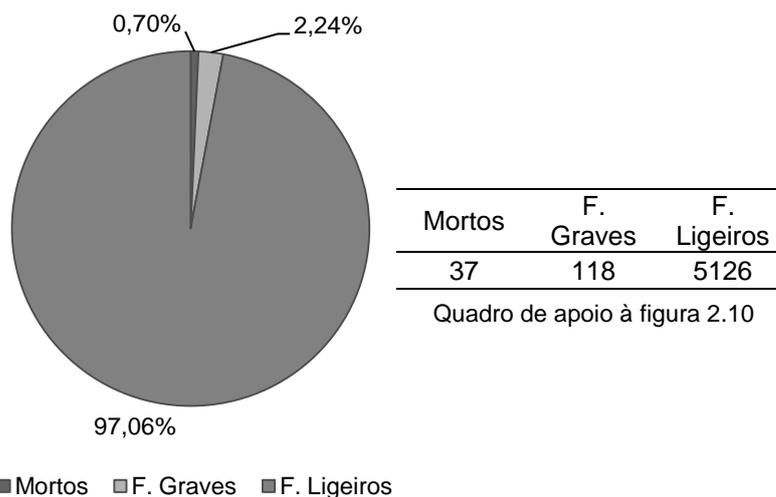


Figura 2.10: Distribuição percentual do número total de vítimas [2008; 2011] por grau de gravidade.

Perante os dados, verifica-se que em média ocorrem cerca de 10 mortos e 30 feridos graves por ano, enquanto que o número de feridos ligeiros supera a média de 3 por dia.

Contrariamente ao comportamento verificado em relação ao número de acidentes só com danos materiais, o qual só decresceu no ano de 2011, consultando a figura 2.11 é visível a tendência de redução dos sinistros, exceptuando o ano de 2011, no qual se constata que houve um aumento do número de mortos e feridos graves.

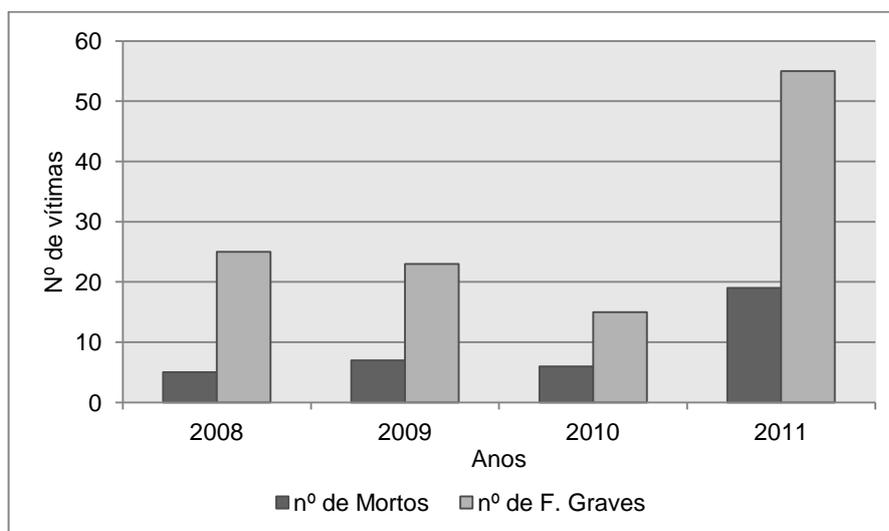


Figura 2.11: Evolução do número de mortos e feridos graves, no período de tempo considerado.

A figura 2.12 apresenta a evolução do número de feridos leves. Relativamente a este grupo de sinistros, pode dizer-se que não acompanha a tendência decrescente verificada para o número de mortos e feridos graves nos três primeiros anos do período considerado. Verifica-se um aumento do número de feridos ligeiros muito significativo, pois em 2008 registaram-se 805 feridos ligeiros passando para 1.937 registos em 2011.

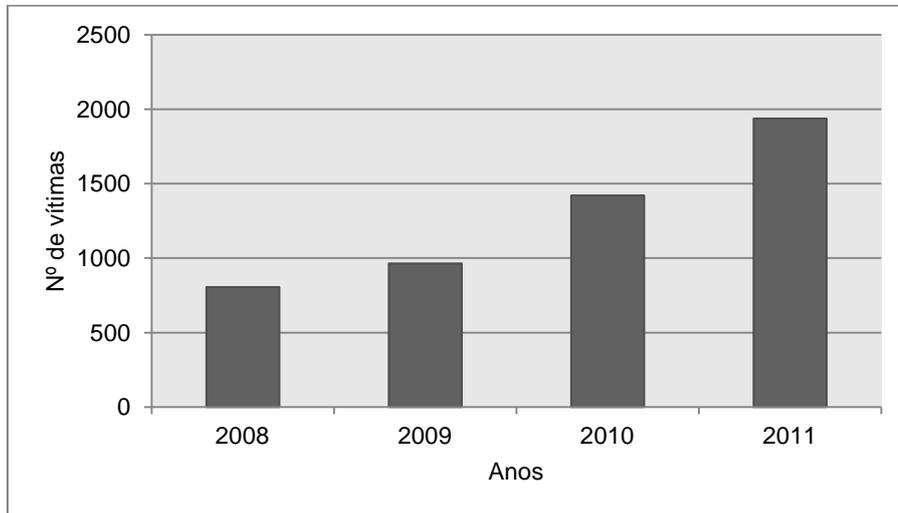
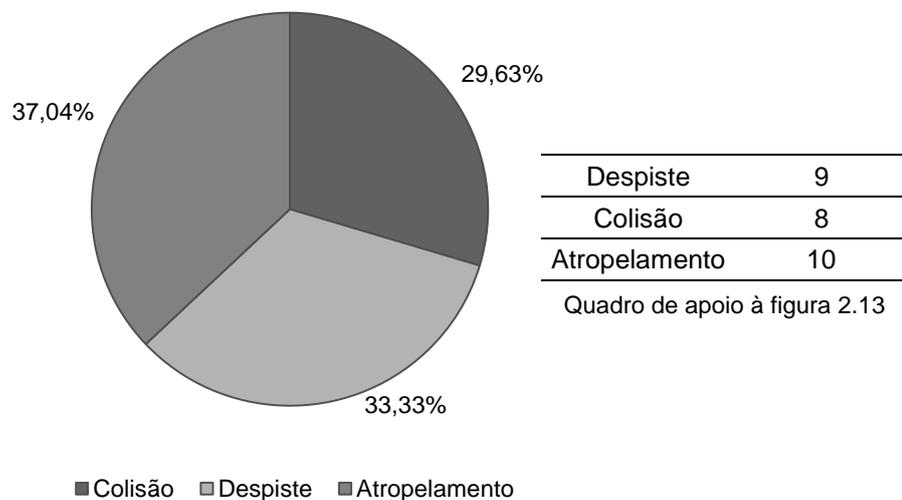


Figura 2.12: Evolução do número de feridos leves, no período considerado.

No Anexo III apresentou-se ainda, os quadros com os valores que serviram de base à elaboração dos gráficos anteriormente apresentados para uma melhor quantificação dos mesmos.

Por último, e de modo a perceber a natureza das principais causas de morte na rede viária do Porto, elaborou-se o gráfico presente na figura 2.13, onde é apresentada a distribuição percentual de cada tipo de acidente (colisão, despiste ou atropelamento). A tipologia dos acidentes utilizada é de preenchimento obrigatório nos registos.

Os próximos dados baseiam-se, unicamente, nos registos de acidentes onde ocorreram mortos tendo-se registado a informação de 3.573 acidentes com vítimas, dos quais 28 registaram vítimas mortais e 244 registos de acidentes não continham informação sobre as vítimas .



Despiste	9
Colisão	8
Atropelamento	10

Quadro de apoio à figura 2.13

Figura 2.13: Distribuição percentual de acordo com o tipo de acidente.

Verifica-se (ver figura 2.13) que as vítimas mortais, resultantes de acidentes rodoviários ocorridos no Porto devido a atropelamentos corresponde à maior percentagem, assim sendo, este tipo de acidente sobrepõe-se às outras tipologias quando se analisa as vítimas mortais. Em relação às colisões e despistes, estes dois tipos de acidente têm números muito semelhantes.

De seguida, abordaram-se as principais manobras e pontos de conflito em interseções, que por sua vez impulsionam a sinistralidade. Apresentaram-se também, os principais tipos de interseções consideradas para a aplicação dos métodos.

2.2. TIPOLOGIA DE INTERSEÇÕES

Neste subcapítulo apresentaram-se os principais grupos de interseções, bem como os pontos de conflito que subsistem nesses locais, e as principais manobras que acarretam grande perigo pondo em risco os utentes do sistema viário, gerando um aumento de probabilidade de acidente.

As interseções abordadas com maior detalhe constituem o tipo de interseções que foram consideradas para o estudo dos acidentes rodoviários, ou seja os locais identificados são caracterizados pela geometria e funcionamento das interseções tipo abordadas. Por isto, apresentou-se uma breve descrição do funcionamento de cada uma.

2.2.1. PREFÁCIO E CONCEITO DE INTERSEÇÃO

Numa abordagem inicial, as interseções podem ser divididas em interseções de nível, onde duas ou mais correntes de tráfego se cruzam ao mesmo nível num espaço comum, e interseções desniveladas, em que vias e/ou ramos da interseção se intersejam a diferentes níveis. As últimas, proporcionam uma maior capacidade e mitiga a probabilidade de acidente. No entanto, a sua realização implica um elevado investimento, sendo que geralmente não são realizadas em meio urbano. Neste trabalho não foram alvo de estudo, pois não se prende com o objetivo do mesmo.

“A maior parte das estradas cruzam-se de nível, sendo a área da interseção parte integrante de cada uma. As interseções são as zonas mais perigosas das estradas, sendo nelas que ocorre o maior número de acidentes rodoviários, por erro de manobra dos condutores, ou porque as características geométricas ou a sinalização são deficientes.” [12].

As interseções rodoviárias são pontos específicos da rede viária onde convergem várias correntes de tráfego com diferentes direções. Nestes locais, a procura pode exceder a oferta disponível, criando assim problemas de congestionamento e funcionamento. A falta de capacidade das interseções implica um número elevado de conflitos entre veículos e entre veículos e peões.

O desempenho global do sistema rodoviário é totalmente dependente do funcionamento das suas interseções. Assim, torna-se fundamental um estudo sobre os acidentes ocorridos, sobre as suas características geométricas e, também sobre características do tráfego e previsões de uma evolução futura de modo a apurar os locais a intervir e otimizar esses pontos.

2.2.2. PONTOS E MANOBRAS DE CONFLITO

Para melhor perceber o risco existente em interseções, tem de ser feita uma abordagem aos pontos de conflito que subsistem nesses locais, bem como as manobras que os proporcionam.

Designa-se por pontos de conflito, os pontos resultantes do cruzamento, convergência ou divergência das linhas de movimento dos veículos/peões. Cada tipo de interseção tem um determinado número de pontos de conflito. O número de pontos de conflito e o seu tipo indicam o potencial para acidentes de uma interseção, pelo que a sua minimização é aconselhável.

A quantidade e o tipo de pontos de conflito gerados dependem de variados elementos, designadamente:

- Do número de vias interseccionadas;
- Do número de vias em cada ramo afluente;
- Da existência ou não de canalização de movimentos;
- De dispositivos de controlo de tráfego;
- Dos sentidos de trânsito contemplados.

Quer ao nível de segurança, quer ao nível de capacidade, o dimensionamento e escolha de uma interseção deve ser criteriosa, tendo como objetivo a mitigação dos acidentes, e também a condição de segurança e comodidade dos utilizadores [13].

Do ponto de vista da sinistralidade rodoviária, as interseções com prioridade à direita, e prioritárias apresentam índices elevados, derivado do grande número de pontos de conflito criados.

Por exemplo, numa interseção do tipo “Cruz” com dois sentidos em cada braço e uma via em cada sentido, e na qual todos os percursos são permitidos, podem gerar-se 32 pontos de conflito (16 devido ao cruzamento de linhas de movimento, 8 de convergência, e 8 de divergência (ver Fig. 2.14)). Enquanto que numa interseção do tipo “T” podem ser reduzidos para 9 e no caso de uma rotunda para 8.

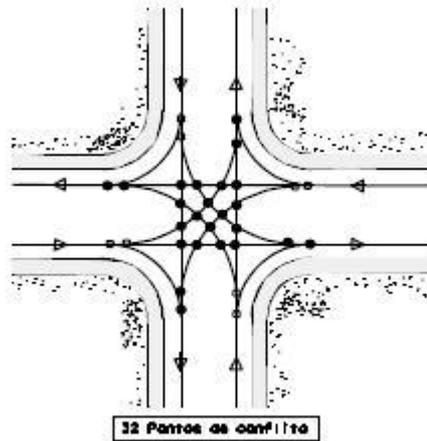


Figura 2.14: Pontos de Conflito numa interseção em “Cruz” (Fonte: [13]).

Nas interseções podem acontecer quatro tipos básicos de conflitos rodoviários, caracterizados por quatro tipos de manobras:

- Divergência;
- Convergência;
- Atravessamento;
- Viragens.

A manobra de divergência (ver Fig. 2.15) ocorre sempre que há separação de uma corrente de tráfego em duas ou mais correntes, ou seja, quando um condutor possui uma alternativa de mudança de direção. Esta manobra é considerada simples e de menor grau de perigosidade em relação às outras.

O acidente mais comum na realização deste tipo de movimento é habitualmente caracterizado por um embate frente/traseira, durante a fase de desaceleração dos veículos que pretendem mudar de direção.

A implantação de vias de desaceleração é uma medida de auxílio aos veículos que pretendem abandonar a corrente principal, garantindo-se assim melhor funcionamento e segurança dos locais onde se verificam estas manobras.

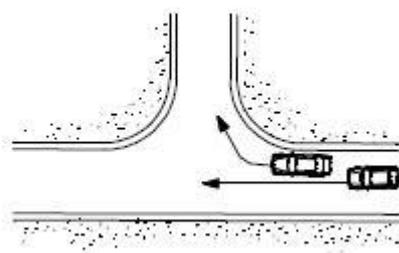


Figura 2.15: Manobra de divergência (Fonte: [13]).

A manobra de convergência (ver Fig. 2.16) acontece quando há fusão de duas ou mais correntes de tráfego numa única. É também considerada uma manobra simples, no entanto tem associado um grau de perigosidade, geralmente, superior do que o movimento de divergência.

Os acidentes relacionados com esta manobra são do tipo frente/lateral e lateral/lateral. A gravidade do embate depende em grande parte do ângulo de convergência e da velocidade a que os veículos circulam.

A definição geométrica e, especialmente, a canalização dos movimentos deve procurar originar inserções com o menor ângulo possível.

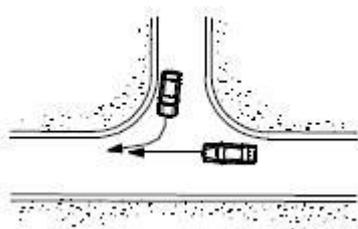


Figura 2.16: Manobra de convergência (Fonte: [13]).

O atravessamento (ver Fig. 2.17) é uma manobra muito usual em redes viárias, acontece quando duas ou mais correntes de tráfego se intersejam. É de todas a manobra mais perigosa, sendo característica das interseções do tipo “X”. O grau de perigosidade da manobra é proporcional ao número de vias a atravessar, ou seja, aumenta com o aumento do número de vias a intersejar.

Os acidentes resultantes deste movimento são, normalmente, caracterizados por colisões do tipo frente/lateral com ângulos próximos dos 90°, estando por isto associada a ela as maiores perdas, quer em vidas humanas quer em danos materiais.

Em interseções prioritárias, a criação de separadores centrais na estrada prioritária de dimensões convenientes para que o veículo não prioritário atravesse por fases é uma solução que ajuda a efetuar esta manobra em segurança, mitigando a sinistralidade.

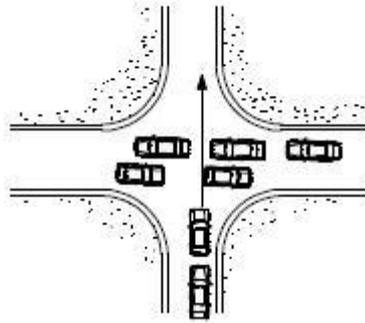


Figura 2.17: Manobra de atravessamento (Fonte: [13]).

Por última, a manobra de viragem à esquerda (ver Fig.2.18), quer seja a partir da estrada principal quer da estrada secundária, é um movimento de risco com um grau de perigosidade considerável.

Os acidentes resultantes da execução desta manobra, habitualmente, são colisões do tipo frente/lateral. Dependem da velocidade de circulação dos veículos e do ângulo de colisão, podendo ser bastante violentos.

Em analogia à manobra de divergência, também aqui podem ser consideradas vias de desaceleração. Quando existe um elevado tráfego a concretizar este movimento é indicada a implementação deste tipo de via. Assim, os veículos que pretendem mudar de direção podem reduzir a velocidade em segurança até uma velocidade compatível com as características da corrente de tráfego onde pretendem entrar [14].

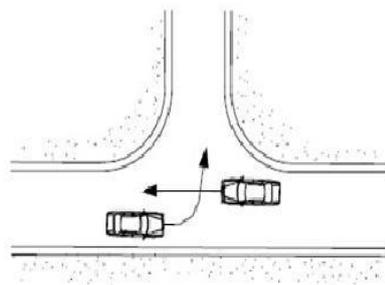


Figura 2.18: Manobra de viragem (Fonte: [14]).

2.2.3. TIPOS DE INTERSEÇÕES DE NÍVEL

As interseções de nível são muito vulgares nas redes viárias urbanas, é uma solução económica e permite maior adaptabilidade ao espaço.

Esta componente da rede viária é muito flexível, sendo possível criar para cada caso a sua própria solução. Por isto, existe um grande conjunto de soluções e configurações possíveis e aceitáveis. O que as diferencia é, entre outros aspectos, baseado no princípio de regulação, na hierarquização dos eixos convergentes, no potencial de desempenho, e no grau de impacto sobre o espaço envolvente.

De acordo com os princípios de regulação, as interseções de nível podem ser subdivididas em quatro categorias:

- Interseções de prioridade à direita;
- Interseções prioritárias;
- Interseções giratórias ou rotundas (fora do âmbito desta dissertação);
- Interseções reguladas por sinalização luminosa.

A sequência apresentada evolui no sentido da complexidade de cada solução, assim como o potencial de desempenho. As categorias apresentadas podem ter, dentro de cada uma, várias soluções tipo.

De seguida, far-se-á uma breve descrição do tipo de interseções de nível tipo que foram consideradas para a análise dos acidentes ocorridos na cidade do Porto.

2.2.3.1. Interseções de prioridade à direita

As interseções com prioridade à direita identificam-se como interseções simples, normalmente de 3 a 4 ramos, as quais resultam da concordância entre as bermas das vias interseçadas, estando normalmente, isentas de marcas rodoviárias e de sinais de trânsito.

Este tipo de interseção rege-se, habitualmente, pelas prioridades relativas entre as diferentes correntes de tráfego definidas pela lei base em vigor, concretamente os art.º 29, 30 e 69 do Código da Estrada Português [15]. Estas prioridades baseiam-se na aplicação da regra “prioridade à direita”, assim sempre que 2 ou mais veículos atingem em simultâneo a interseção, o condutor deve ceder a passagem aos condutores que se apresentem pela direita.

O desempenho geral deste tipo de cruzamento é condicionado, principalmente, pelos níveis e características da procura. Habitualmente, a deficiência de funcionamento destes locais é justificada através da sua incapacidade de resolução de todo o tipo de conflito existente na interseção e devido à interpretação da regra em situações específicas, ocasiões em que as naturais expectativas do condutor são contrariadas pela regra.

A geometria da interseção é uma característica que, por vezes, influencia os condutores a assumir a prioridade de passagem de forma errada. Na figura seguinte (ver Fig. 2.19) ilustram-se 2 casos, a continuidade do trajeto num entroncamento e a largura do perfil transversal da via, onde as expectativas do condutor podem ser contrariadas [13],[14].

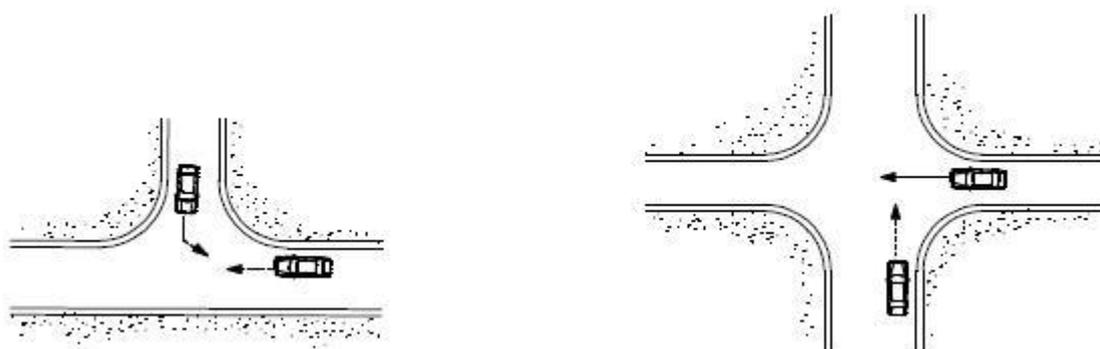


Figura 2.19: Situações que contrariam as expectativas do condutor (Fonte: [13]).

Perante casos de volumes de tráfego elevados, aumenta significativamente a ocorrência de situações conflituosas onde esta regra se demonstra incapaz de definir prioridades relativas de entrada na interseção, originando-se situações de impasse, e conseqüentemente, a diminuição do seu desempenho global. Deste modo e sempre que as condições locais, as características geométricas, ou fluxos de tráfego afluentes o justifiquem, pode optar-se pela imposição de um sistema de prioridades, concretizado através da colocação de sinais de “STOP” e “Cedência de passagem”, deixando assim de prevalecer a regra da “prioridade à direita” [16].

A Figura 2.20 representa 2 exemplos de situações frequentes de impasse, nas quais nenhum dos veículos possui prioridade de passagem e a solução decorre da adoção de comportamentos “cordiais”, após o avanço do primeiro veículo prevalece a regra da prioridade.



Figura 2.20: Situações de “impasse” em interseções em “T” e em “X” (Fonte: [13]).

Em certas ocasiões, este sistema de prioridades baseado na regra da “prioridade à direita” não é claro criando situações ambíguas em que o condutor deve reagir com bom senso e precaução.

Este tipo de interseção é caracterizada por um funcionamento complexo e por níveis de desempenho muito limitados, em termos de capacidade e também de segurança. Portanto, sendo soluções de aplicação simples e económica aconselha-se o seu uso em zonas onde o volume de tráfego e as velocidades de circulação são reduzidas, como exemplo zonas residenciais.

2.2.3.2. Interseções prioritárias

Ao nível das redes rural e urbana portuguesas este é, certamente, o tipo de interseção mais aplicável. Neste tipo de interseção são estabelecidos diferentes níveis de prioridade às correntes de tráfego intervenientes, com recurso a sinalização adequada. O tráfego da via secundária vê-se obrigado a ceder o direito de passagem aos veículos da via considerada prioritária, para o efeito são utilizados sinais, como o sinal de STOP (sinal do tipo B2 do Código da Estrada) e o sinal de cedência de passagem (sinal do tipo B1 do Código da Estrada). Esta sinalização deve ainda ser completada com sinalização horizontal.

O funcionamento abordado beneficia o atravessamento ao longo da via prioritária, sem submeter os condutores a qualquer demora. Não obstante, a concepção geométrica destes locais não deve incentivar a prática de velocidades altas, especialmente em movimentos prioritários. Caso contrário, verifica-se uma diminuição da capacidade da interseção, o que se repercute na sinistralidade do local, aumentando o número e gravidade dos acidentes.

Conhecem-se diversos subtipos de interseções prioritárias, que regidas pelos mesmos princípios, distinguem-se pelo grau de canalização e segregação dos diferentes movimentos direcionais, potenciando desempenhos muito distintos.

Esta categoria de interseções pode, então, ser subdividida consoante o número de ramos (3 ramos em “T” ou em “Y”; 4 ramos em “Cruz” ou em “X”; múltipla; e desalinhada), o ângulo de inserção (ortogonal, oblíquo), e a canalização (sem canalização, com canalização demarcada, e com canalização materializada).

A canalização dos movimentos em interseções potencia uma redução do índice de sinistralidade, perto de 50%. A existência de ilhéus direcionais e separadores permite diminuir o número de pontos de conflito, tornando assim a interseção mais segura, facilitando a sua leitura aos condutores [16].

No geral, este tipo de soluções são também simples de implementar e baratas, no entanto aumentando o grau de canalização e segregação dos movimentos implica um acréscimo do investimento. O seu funcionamento garante níveis de capacidade média/baixa, conseguindo-se uma otimização da mesma através da canalização e segregação do tráfego. Os níveis de segurança, geralmente, inferiores aos das outras tipologias de nível são a sua grande desvantagem.

Este conjunto de interseções revela-se eficiente, quando implementadas em interseções com níveis moderados de tráfego onde, devido à geometria ou tráfego, existe dominância de um dos arruamentos que a ele confluem.

2.2.3.3. Interseções reguladas por sinalização luminosa

Em casos de volumes de tráfego mais elevados, é complicado assegurar a organização e disciplina de uma interseção por meio de medidas simples de carácter espacial.

As interseções reguladas por sinais luminosos garantem uma melhor gestão do tráfego. A atribuição de diferentes períodos de tempo do direito absoluto ou parcial de entrada no cruzamento às diferentes correntes de tráfego permite uma segregação temporal dos conflitos entre veículos e entre veículos e peões, proporcionando um aumento da segurança [13], [14].

O uso mais frequente desta medida de gestão de tráfego implica uma regulação dos sinais baseada numa análise em que a interseção é estudada isoladamente, juntamente de uma análise global, em que é tido em atenção o conjunto de interseções que com ela concebem a rede urbana.

De acordo com a variação do fluxo de tráfego afluente à interseção, podem diferenciar-se 2 tipos de regulação dos sinais luminosos, podendo estes ser de tempo fixo ou actuados pelo tráfego (micro-regulação). Quando a variação de fluxos acontece de forma regular, é preferível a utilização de sinais luminosos de tempos fixos, com diferentes planos de regulação para atender às variações que ocorrem ao longo do dia/semana. Face a fluxos muito distintos de um dia para o outro, em que é difícil prever planos adequados para cada período do dia, ou existindo grandes flutuações aleatórias na procura, é apropriado recorrer aos sinais luminosos actuados pelo tráfego.

Pode assim dizer-se que é uma solução flexível e “ativa”, pois permite estabelecer qualquer ordem de prioridades relativas entre as várias correntes, apta para funcionar numa ampla gama de fluxos de tráfego e também com as variadas direções. São capazes de gerar níveis elevados de capacidade. Contudo, o seu custo de investimento e espaço ocupados são moderados.

Do ponto de vista da segurança rodoviária são bastante eficientes [14]. Contudo, alguns estudos com base em modelos estatísticos de acidentes identificaram uma relação de aumento da sinistralidade nas

interseções deste tipo resultante das características potencialmente perigosas deste tipo de interseções. Não sendo esta análise o objetivo desta dissertação, recomenda-se a leitura de trabalhos neste tema tais como : [7] e [17].

3

HIGHWAY SAFETY MANUAL E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

3.1. HIGHWAY SAFETY MANUAL

Neste subcapítulo, pretendeu-se apresentar o Highway Safety Manual (HSM) dirigido ao meio urbano. Este manual (HSM), desenvolvido pela Associação Americana das Estradas do Estado e Organismo de Transportes⁴ e publicado em 2010, apresenta-se como um instrumento de novos métodos para a análise da segurança rodoviária. O HSM, quando utilizado pelos profissionais responsáveis da segurança viária, permite exprimir a prática profissional em análises seguras, técnicas e consistentes, conduzindo a tomadas de decisão que se traduzam num aumento de segurança.

Este documento disponibiliza ferramentas analíticas e técnicas de modo a quantificar os potenciais efeitos nos acidentes como consequência de decisões tomadas no planeamento, projeto, operação e manutenção, garantido que a segurança é considerada ao longo dos vários processos. O objetivo primário é reduzir o número e a gravidade dos acidentes.

O HSM ergue-se como um documento de pesquisa, onde as novas técnicas e o conhecimento nele expostos reflecte a evolução das análises de segurança, baseada em métodos descritivos para uma análise quantitativa e de previsão. As análises descritivas centram-se na enumeração e quantificação da informação relativa a acidentes ocorridos num determinado local, e as análises de previsão centram-se em estimar a frequência média e gravidade dos acidentes em locais com características geométricas e operacionais idênticos.

O manual (HSM) é formado pelo conjunto de quatro partes, a Parte A, onde é descrito o propósito e objetivo do HSM e explica a sua relação com as atividades de planeamento, projeto, operação e manutenção; a Parte B, na qual são apresentados diversos passos que podem ser utilizados para monitorizar e reduzir a frequência dos acidentes e a sua gravidade nas redes de estrada existentes, apresentando métodos vantajosos na identificação dos locais de acumulação de acidentes, diagnósticos, seleção de medidas de tratamento, avaliação económica, projetos prioritários e eficácia das avaliações; a Parte C, fornece um método de previsão para estimar a frequência média dos acidentes de uma rede de estradas, de uma estrada ou de um local específico (interseção ou segmento), é aplicado para um determinado período de tempo, volume de tráfego e características geométricas constantes; por último, a Parte D, a qual resume os efeitos de várias medidas de tratamento, tais como alterações geométricas e de operação num determinado local. Alguns dos efeitos são quantificados

⁴ *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, em inglês;

como fatores de modificação de sinistralidade (FMSs)⁵. Os FMSs quantificam as alterações na frequência média de acidentes estimada como resultado das modificações em determinado local.

O âmbito do HSM e da sua aplicabilidade passa por quantificar os efeitos na segurança das decisões tomadas na fase de planeamento, projeto, operação e manutenção através do uso de métodos analíticos [18].

Como foi referido anteriormente, a Parte B do HSM apresenta um processo de gestão de segurança rodoviária (Roadway Safety Management Process), organizado em 6 capítulos, "Network Screening", "Diagnosis", "Select Countermeasures", "Economic Appraisal", "Prioritize Projects", e "Safety Effectiveness Evaluation".

O capítulo 4, "Network Screening", propõe um procedimento de análise para uma rede de transportes com o objetivo de identificar e classificar os locais de acordo com a potencialidade do local em reduzir a frequência de acidentes através da implementação de medidas de tratamento. Este é o primeiro passo aconselhado pelo HSM para concretizar o processo de gestão de segurança rodoviária.

O procedimento proposto pelo HSM, para esta fase, assenta em cinco passos, resumidos na figura 3.1.

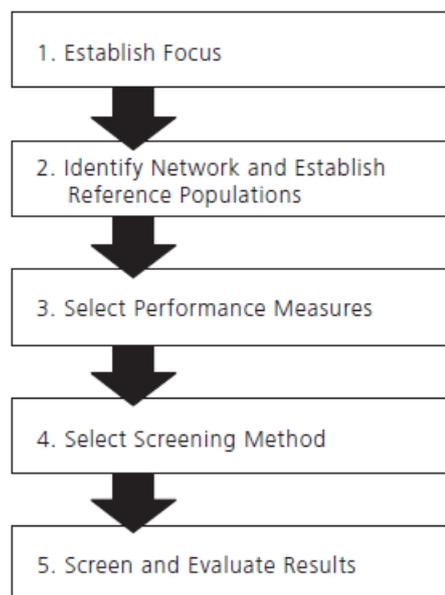


Figura 3.1: Network Screening Process (Fonte: [8]).

Como se pode constatar pela figura 3.1, o primeiro passo consiste em estabelecer o foco da análise, ou seja, identificar o propósito e o objetivo da análise para examinar a rede viária. Segundo o HSM, para realizar uma análise deste tipo deve ter-se como objetivos a identificação e classificação de locais onde, através de melhorias existe o potencial de redução do número de acidentes, ou ainda a avaliação de uma rede para identificar locais onde ocorrem acidentes específicos, quer seja devido ao tipo ou gravidade, ou ambos, de forma a formular e implementar políticas de segurança e prevenção. Esta decisão influencia os dados necessários de obter para a análise, a seleção das medidas de avaliação de desempenho, e também os métodos que poderão ser aplicados para a análise.

O segundo passo resume-se a identificar os elementos alvo de estudo da rede, e organizá-los segundo grupos, denominados populações de referência. Neste passo pretende-se uma especificação dos tipos

⁵ *Crash modification factors*, em inglês;

de locais a serem analisados (por exemplo, segmentos, interseções, cruzamentos de nível com via férrea) e também a identificação dos agrupamentos (populações de referência) dos locais. A população de referência é um conjunto de elementos, a qual é formada de acordo com o agrupamento dos locais de características semelhantes (por exemplo, interseções de quatro ramos com sinalização luminosa). Posteriormente, a prioridade dos locais individuais é atribuída dentro da população de referência. Assim, as medidas de desempenho permitem uma comparação entre populações de referência. A definição das populações de referência depende do elemento escolhido para análise, ou seja, se a análise se centrar em interseções, as populações de referência podem ser estabelecidas segundo características como o tipo de sinalização da interseção, o número de ramos, a classificação funcional (artéria, coletor, local), a área onde está inserida, intervalos de volumes de tráfego, etc. Se a análise se focar em segmentos, os critérios para estabelecer as populações de referência serão outros. As características que definem a população de referência podem variar dependendo da quantidade de detalhe conhecido e/ou possível de obter, do propósito da análise, da dimensão da rede a ser analisada, e da medida de desempenho selecionada.

Como terceiro passo, o HSM sugere a seleção das medidas de avaliação de desempenho. Existe uma grande variedade de medidas de avaliação de desempenho disponíveis para avaliar o potencial de um local para a redução da frequência de acidentes. Nesta etapa, a medida de avaliação de desempenho é selecionada em função do tipo de seleção pretendida e definida nos passos anteriores, mas também depende dos dados e ferramentas analíticas disponíveis. Assim como as operações de análise/avaliação do tráfego em interseções baseiam-se em indicadores do tipo atraso do veículo, comprimento de fila, ou grau de saturação, a segurança de uma interseção pode ser medida quantitativamente em termos da frequência média de acidentes ocorridos, da frequência média de acidentes prevista, taxa crítica de acidentes, entre outras medidas de desempenho. Os principais critérios de seleção das medidas de desempenho são a disponibilidade dos dados, o fenómeno regresso-à-média, e o modo como é definido o limite de desempenho. Para uma análise profunda e fidedigna dos acidentes necessita-se de informação detalhada e precisa de acidentes de viação bem como a descrição das características das vias, interseções e volume de tráfego (tráfego médio diário anual, TMDA). Relativamente à qualidade dos dados de acidentes utilizados, o HSM discute essencialmente as limitações no registo dos dados, na recolha e tratamento dos dados de acidente com fiabilidade e consistência. Para ultrapassar as limitações inerentes a cada uma das medidas de desempenho, numa avaliação da rede, utilizar várias medidas de desempenho para avaliar cada local proporciona melhor nível de confiança no resultado final.

De seguida, como quarto passo, é proposto a seleção do método de rastreamento para realizar a análise no tipo de locais selecionados. Neste capítulo do HSM, são descritos três métodos principais (ranking, “*sliding window*”, e “*peak searching*”), bem como as vantagens e desvantagens de cada um, de forma a auxiliar a escolha do método apropriado para cada situação. Neste procedimento de análise, as medidas de desempenho selecionadas devem ser aplicadas a todos os locais em estudo utilizando o método, ou métodos de análise que mais se adequem ao caso.

Por último, o passo cinco pretende que seja feita a análise e avaliação dos resultados. O passo final deste procedimento consiste em analisar o caso pretendido e avaliar os resultados obtidos. A medida ou medidas de desempenho e o método de análise são aplicados a um ou mais locais, de acordo com o descrito nos passos 3 e 4. Para concluir, os resultados podem ser organizados num quadro ou em mapas como for mais adequado e viável.

Quando se trata de uma análise sobre acidentes, o fenómeno regresso-à-média não pode ser ignorado, por isso, de seguida, introduz-se o conceito deste fenómeno, de forma a perceber qual o benefício para

a análise se o método tratar este fenómeno, bem como os efeitos negativos deste fenómeno quando a análise baseia-se numa tendência a curto prazo da frequência de acidentes observada.

Fenómeno regresso-à-média⁶: A frequência média de acidentes de determinado local varia naturalmente ao longo de um período de tempo, podendo aumentar ou diminuir. Em resultado disto, a frequência média de acidentes a curto prazo pode divergir significativamente da frequência média de acidentes a longo prazo. O carácter aleatório da ocorrência de um acidente faz com que a frequência de acidentes obtida a partir de um curto período de tempo não seja confiável para estimar a frequência de acidentes a longo prazo. Recorrendo a um período de 3 anos para avaliar a frequência de acidente para determinado local é difícil de comparar com anos anteriores, isto é, dizer se é uma frequência de acidente alta, média, ou baixa.

Quando um período com uma frequência alta de acidentes é observada, é estatisticamente provável que uma frequência baixa de acidentes seja observada no período seguinte [19]. Esta tendência é conhecida como fenómeno de regressão-à-média, e é também aplicada a uma probabilidade estatística na qual a frequência de acidentes comparativamente baixa num período é seguida por um período de frequência de acidente superior. A próxima figura (figura 3.2) ilustra o fenómeno regresso-à-média.

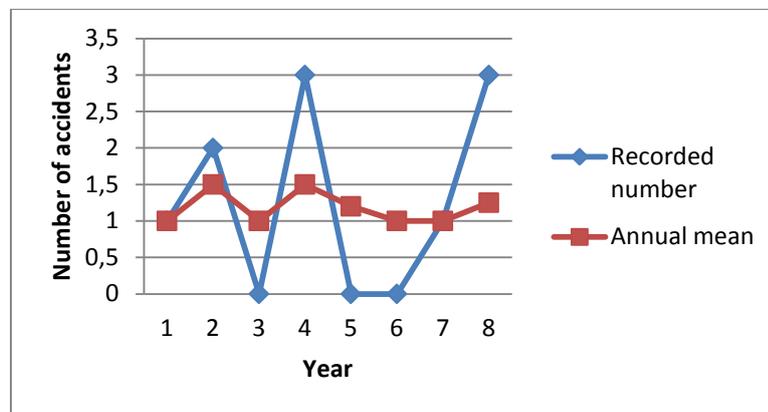


Figura 3.2: Fenómeno de regresso-à-média (Fonte: [17]).

O não tratamento do efeito do fenómeno regresso-à-média introduz o potencial de “RTM bias”, isto é, enviesamento RTM que simplificadamente significa uma eventual distorção quantitativa da realidade. RTM bias ocorre quando os locais são selecionados para tratamento com base na tendência observada da frequência de acidentes a partir de um período curto. Por exemplo, um local é selecionado para tratamento com base numa frequência alta de acidentes observada durante um curto período de tempo (por exemplo, dois anos). Contudo, a frequência de acidente do local a longo prazo pode, na realidade, ser significativamente mais baixa e, por isso o tratamento poderia ter um melhor custo-benefício se aplicado em outro local. Em suma, se este fenómeno não for incluído na medida de desempenho, a avaliação do local pode ser distorcida da realidade em termos da gravidade da situação.

No presente trabalho foram abordados e aplicados os métodos de avaliação de desempenho contemplados no HSM, em interseções da cidade do Porto. O próximo capítulo incide na descrição de cada método, e como aplicá-lo, bem como nos critérios assumidos em cada um. Foi realizada uma análise crítica aos diferentes métodos tendo em conta a sua aplicabilidade à realidade Portuguesa, descrevendo as dificuldades encontradas, a fim de serem mitigadas. Pensando numa estrutura de perceção mais clara, considerou-se oportuno dividir os métodos de avaliação de desempenho em três

⁶ *Regression to the mean*, RTM, em inglês;

subcapítulos, diferenciados pelos dados necessários para a sua aplicação. Assim, foram apresentados os métodos de avaliação de desempenho que apenas necessitam da informação dos acidentes por localização, os métodos de avaliação de desempenho que consideram também o volume de tráfego (TMDA), e os métodos de avaliação de desempenho que consideram o volume de tráfego mas também necessitam da aplicação de funções de previsão de acidentes (FPAs)⁷ calibradas.

3.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

3.2.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (DADOS: ACIDENTES POR LOCALIZAÇÃO)

Para a aplicação dos métodos presentes neste subcapítulo, apenas é necessário a localização dos acidentes rodoviários na rede viária alvo de estudo. Nesta secção descreveu-se, passo a passo, o procedimento para a aplicação dos métodos ao caso específico das interseções do meio urbano tendo em conta que será este o âmbito de aplicação. Qualquer dúvida na aplicação de um dos métodos sugere-se a consulta da aplicação dos métodos às interseções da cidade do Porto, capítulo 4.

No caso da aplicação à cidade do Porto, o primeiro método apresentado foi utilizado como uma ferramenta de escrutínio. O que se pretendeu foi diminuir o número de locais obtidos através da localização de cada registo de acidente na rede urbana do Porto uma vez que foram identificadas 963 interseções com pelo menos 1 acidente, sendo que em 45% das interseções ocorreu no máximo 2 acidentes nos quatro anos de análise. Com a análise do ficheiro relativo aos acidentes, verificou-se que a maior parte das interseções são compostas por ruas de acesso local, e nessas ruas a dificuldade de obter dados de volume de tráfego é elevada, sendo um requisito obrigatório para alguns dos métodos que irão ser descritos mais à frente.

Atendendo às razões apresentadas, o primeiro método será aplicado às 963 interseções, mas os seguintes serão aplicados a um número menor de interseções. O que se pretendeu com esta redução foi uma otimização do estudo. Com esta análise foi possível reduzir os locais de forma a selecionar as interseções de maior risco dentro do conjunto das interseções identificadas para a realização deste trabalho. A segunda aplicação dos métodos vai ter como base de aplicação as interseções obtidas como resultado do primeiro método, e para as quais foi possível obter dados de tráfego.

3.2.1.1. Frequência média de acidentes

Este método baseia-se na medida de desempenho designada de frequência média de acidentes. Com a aplicação desta medida de desempenho pode obter-se uma classificação ordenada por ordem decrescente dos locais, de acordo com o número total de acidentes ou o número de acidentes com gravidade ou por tipo, ou ambos. O local com maior número total de acidentes ou o maior número de acidentes com gravidade ou por tipo, num dado período de tempo, aparece na posição mais alta. O local com o segundo maior número de acidentes total ou por gravidade ou tipo, no mesmo período, é posicionado em segundo lugar, e assim para os restantes.

A frequência média de acidentes traduz assim o número de acidentes, referente ao critério escolhido, que ocorreram em cada interseção, ao longo do período de estudo.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por localização (localizados na interseção da rede);

⁷ *Safety Performance Functions*, em inglês;

Vantagens:

- Simples;

Limitações:

- Não considera o fenómeno de regresso-à-média;
- Não estima um limite que permite indicar locais onde ocorrem mais acidentes do que o previsto para locais de características semelhantes;
- Não considera o volume de tráfego;
- Não identifica locais com baixo número de colisões, nas quais medidas simples de custo benefício poderiam ser facilmente aplicadas.

Procedimento:

Passo 1: Somar acidentes para cada local.

Contar o número de acidentes total ou por gravidade que ocorreram em cada interseção, para o período de estudo considerado.

Passo 2: Classificar os locais.

As interseções devem ser classificadas por ordem decrescente do número de acidentes de acordo com o critério ou critérios estabelecidos.

Este método foi utilizado para o caso em estudo (cidade do Porto) para selecionar um grupo inicial de locais com frequência alta de acidentes para uma futura análise mais aprofundada. A seleção e constituição deste segundo grupo é fundamentada após a aplicação deste método, capítulo 4.2.2.

3.2.1.2. Frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais (EADM)⁸

A medida de desempenho frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais (EADM) é determinada através da atribuição de fatores de ponderação aos acidentes tendo em conta a gravidade, para desenvolver uma pontuação única que conjugue a frequência e gravidade dos acidentes. Os fatores são, unicamente, calculados relativamente a acidentes com danos materiais e tendo como base de equivalência os custos sociais de cada tipo de acidente. Os custos por gravidade de acidente são resumidos a fatores de ponderação, que aplicados traduz um valor equivalente apenas a danos materiais. Os locais são ordenados da pontuação mais alta para a mais baixa. Os locais de pontuação alta são analisados em maior detalhe para identificar os problemas e potenciais medidas de tratamento.

Este método é muito influenciado pelos valores utilizados para os fatores de ponderação dos acidentes com vítimas mortais e feridos. Um fator de ponderação elevado para acidentes com vítimas mortais implica que no quadro da classificação ordenada, locais com 1 acidente mortal e com pequeno número de acidentes com feridos, ou com danos materiais, ou ambos, se classifiquem no topo do quadro, inferiorizando locais onde não ocorrem acidentes mortais mas, no entanto, apresentam um número elevado de acidentes com feridos ou danos materiais, ou ambos. Em algumas aplicações, os acidentes com vítimas mortais e feridos são aglomerados numa categoria para evitar a sobrevalorização dos acidentes mortais. Os acidentes mortais são acontecimentos trágicos; contudo, o facto dos acidentes

⁸ *Equivalent Property Damage Only*, em inglês;

serem mortais é frequentemente um resultado de fatores (combinação de fatores) tais como, comportamento dos utentes viários e que estão fora de controlo do engenheiro ou projetista.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por localização (localizados na interseção);
- Fatores de ponderação de gravidade (vítima mortal, feridos, danos materiais);
- Custo de acidente por gravidade (vítima mortal, feridos, danos materiais).

Vantagens:

- Simples;
- Considera a gravidade do acidente.

Limitações:

- Não considera o fenómeno de regresso-à-média;
- Não estima um limite que permite indicar locais onde ocorrem mais acidentes do que o previsto para locais de características semelhantes;
- Não considera volume de tráfego;
- Pode sobrevalorizar locais com frequência baixa de acidentes graves dependendo dos fatores de ponderação utilizados.

Procedimento:

Para calcular os pesos de equivalência apenas a danos materiais (EADM) são utilizados os custos sociais de acidentes. Quando disponível, é preferível os dados de custos de acidentes determinados no país onde se insere o estudo. O HSM disponibiliza os valores associados ao custo de acidente por gravidade, obtidos num estudo publicado pela Federal Highway Administration (FHWA). Os custos utilizados no HSM referem-se ao custo social por acidente com morto, por acidente com feridos e por acidente com danos materiais. O custo por acidente com feridos é uma combinação dos custos por acidente da classificação das vítimas em incapacitados (A), ferimentos evidentes (B), e ferimentos possíveis (C), cujo valores foram fornecidos pela FHWA para determinar o custo médio por acidente com feridos.

Os valores apresentados pelo HSM representam o ano de 2001 e encontram-se resumidos no quadro 3.1.

Quadro 3.1: Estimativa do custo social de acidente por gravidade (Fonte: [8]).

Gravidade	Custo social por acidente (Dólares)
Mortos (K)	4.008.900
Feridos (A/ B/ C)	82.600
Danos materiais (O)	7.400

Passo 1: Calcular os fatores de ponderação de equivalência apenas a danos materiais (EADM).

Calcular os fatores de ponderação de equivalência apenas a danos materiais para acidentes com vítimas mortais, com feridos e com danos materiais. Os pesos relativos aos acidentes com mortos e

com feridos são calculados com recurso a equação (3.1). O custo de um acidente (CA)⁹ com vítimas mortais ou feridos é dividido pelo custo de um acidente com danos materiais, respetivamente.

Os fatores de ponderação são calculados através da seguinte equação:

$$f_{y \text{ (peso)}} = \frac{CA_y}{CA_{ADM}} \quad (3.1)$$

Onde:

$f_{y \text{ (peso)}}$ – fator de ponderação com base na gravidade do acidente, y ;

CA_y – Custo de um acidente de acordo com a gravidade do acidente, y ;

CA_{ADM} – Custo por acidente apenas com danos materiais.

Passo 2: Calcular a pontuação de equivalência apenas a danos materiais (EADM).

Para cada interseção, multiplicar o fator de ponderação EADM pelo correspondente número de acidentes com vítimas mortais, com feridos, e com danos materiais, como mostra a equação (3.2). A frequência de acidentes com danos materiais, com feridos e mortos é com base no número de acidentes, e não no número de feridos por acidente.

$$\begin{aligned} \text{Pontuação total EADM} = & \\ & = f_{K \text{ (peso)}}(N_{\text{observado},i \text{ (M)}}) + f_{A/B/C \text{ (peso)}}(N_{\text{observado},i \text{ (F)}}) \\ & + f_{ADM \text{ (peso)}}(N_{\text{observado},i \text{ (ADM)}}) \end{aligned} \quad (3.2)$$

Onde:

$f_{K \text{ (peso)}}$ - fator de ponderação de acidentes com vítimas mortais;

$N_{\text{observado},i \text{ (M)}}$ - número de acidentes com vítimas mortais por interseção, i ;

$f_{A/B/C \text{ (peso)}}$ - fator de ponderação de acidentes com feridos;

$N_{\text{observado},i \text{ (F)}}$ - número de acidentes com feridos por interseção, i ;

$f_{O \text{ (peso)}}$ - fator de ponderação de acidentes com danos materiais;

$N_{\text{observado},i \text{ (ADM)}}$ - número de acidentes com danos materiais por interseção, i .

Passo 3: Classificar os locais.

Classificar as interseções por ordem decrescente de acordo com a pontuação de EADM calculada.

3.2.1.3. Índice de gravidade relativa (IGR)¹⁰

O método índice de gravidade relativa (IGR) envolve os custos sociais de um acidente por tipo de acidente (colisão lateral, frontal, atropelamento, entre outros) e localização (interseção regulada por sinais luminosos, interseção com prioridade, interseção de prioridade à direita). Através destes custos determina-se o custo médio do índice de gravidade relativa (IGR). Os custos utilizados para este método, são atribuídos a cada acidente em cada interseção com base no tipo de acidente.

⁹ *Crash Cost*, em inglês;

¹⁰ *Relative Severity Index*, em inglês;

Posteriormente é feita uma média dos custos de acidente IGR para cada local e para cada população de referência. Os locais são classificados de acordo com o próprio custo médio IGR, e também são comparados com o custo médio IGR da respetiva população.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por localização (localizados na interseção);
- Custos de acidente IGR (custo de acidente de colisão lateral em interseção semaforizada, custo de acidente de colisão lateral em interseção de prioridade à direita, custo de acidente de colisão lateral em interseção prioritária, e restantes custos relativos a outros tipos de acidente);
- Populações de referência.

Vantagens:

- Simples.
- Considera o tipo de acidente e gravidade.

Limitações:

- Não considera o fenómeno de regresso-à-média;
- Pode enfatizar locais com um baixo número de acidentes graves dependendo do fator de ponderação utilizado;
- Não considera volume de tráfego;
- Erradamente dá prioridade a locais de baixo número de acidentes.

Como foi referido, este método necessita dos custos de um acidente por tipo: colisão traseira, frontal, lateral, despiste, entre outros, conjugados com o tipo de interseção onde ocorreram. Ou seja, para aplicar esta medida de desempenho é necessário ter a informação dos custos mas também saber exatamente os tipos de acidentes que ocorreram em determinada interseção. Neste momento, em Portugal, através da análise efetuada aos registos de acidentes, constatou-se que ainda não se consegue identificar todos os acidentes por tipo, uma vez que uma parte significativa é identificada apenas como colisão sem especificar os vários tipos de colisão possíveis. Este obstáculo pode estar relacionado com o facto do formulário utilizado para o registo dos acidentes (o boletim estatístico de acidente de viação, BEAV) não englobar estes campos como registo obrigatório em acidentes sem vítimas e/ou também devido ao grau de precisão e dificuldade do agente (membro da respetiva entidade autorizada) responsável pelo registo do ocorrido. Face aos argumentos apresentados considerou-se que a aplicação deste método não era viável no contexto nacional, traduzindo-se na fiabilidade da própria aplicação e resultados. De futuro, é aconselhável a obrigatoriedade do registo desta informação em todos os acidentes bem como um maior empenho por parte do responsável que faz o registo. Além disso, são necessários estudos e estimativas para determinar os custos por tipologia do acidente a nível nacional. Estes dados são imprescindíveis para a aplicação deste método, bem como para se obter o nível de confiança nos resultados que se pretende.

3.2.1.4. Excesso previsto da frequência média de acidentes - Método dos Momentos

No método dos momentos, a frequência de acidentes observada de um local é ajustada com base na variância dos dados de acidentes e na frequência média de acidentes da população de referência onde se insere a interseção [20]. A frequência média de acidentes observada ajustada é comparada com a

frequência de acidentes da população de referência para determinar o potencial de melhoria (PM)¹¹. O potencial de melhoria (PM) das populações de referência pode ser organizado numa lista, e assim funcionar como uma ferramenta básica de revisão dos vários elementos da rede (as a basic multiple-facility network screening tool). No caso concreto, esta comparação permite perceber o PM de cada interseção, o qual pode servir como medida para posicionar as interseções por ordem decrescente.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por localização (localizados na interseção);
- Populações de referência.

Vantagens:

- Estabelece um limite de desempenho previsto para um local;
- Considera a variância dos dados de acidentes;
- Permite posicionar numa única lista os locais de todos os tipos;
- Os conceitos do método são semelhantes ao método empírico de Bayes.

Limitações:

- Os efeitos do fenómeno regresso-à-média podem estar presentes nos resultados;
- Não considera o volume de tráfego;
- Alguns locais podem ser selecionados para um estudo mais profundo, devido à incomum frequência baixa de tipos de acidentes não considerados;
- A classificação dos resultados é influenciada pela população de referência, os locais perto da fronteira do grupo de referência podem ser enfatizados.

Procedimento:

Para aplicar este método, organizar as interseções em populações de referência.

Passo 1: Calcular frequência média de acidentes para cada população de referência.

Para calcular a frequência média de acidentes de cada população de referência, somar a frequência média anual de acidentes observada em cada interseção do grupo de referência em consideração e dividir o valor obtido pelo número de interseções da respectiva população de referência, como ilustra a equação (3.15).

$$N_{observado,y} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{observado,i}}{n_{interseções}} \quad (3.15)$$

Onde:

$N_{observado,y}$ – frequência média de acidentes, da população de referência y, [acidentes/ano];

$N_{observado,i}$ – frequência média anual de acidentes observada na interseção i;

$n_{interseções}$ – número de interseções da respectiva população de referência.

Passo 2: Calcular a variância da frequência de acidentes para cada população de referência.

¹¹ *Potencial for improvement*, em inglês;

Através da equação (3.16) calcular a variância. Em alternativa, o cálculo da variância pode ser efetuado através de folhas de cálculo (por exemplo, Excell).

$$Var(N) = \frac{\sum_{i=1}^n (N_{observado,i} - N_{observado,y})^2}{n_{interseções} - 1} \quad (3.16)$$

Onde:

$Var(N)$ – variância (s^2);

$N_{observado,y}$ – frequência média de acidentes, da população de referência y, [acidentes/ano];

$N_{observado,i}$ – frequência média anual de acidentes observada na interseção i;

$n_{interseções}$ – número de interseções da respectiva população de referência.

Passo 3: Calcular a frequência de acidentes observada ajustada para cada interseção.

O cálculo da frequência de acidentes observada ajustada a cada interseção engloba a variância e também a frequência média de acidentes da população de referência correspondente. Para calcular esta frequência utilizar a equação (3.17).

$$N_{observado,i (ajust.)} = N_{observado,i} + \frac{N_{observado,y}}{Var(N)} \times (N_{observado,y} - N_{observado,i}) \quad (3.17)$$

Onde:

$N_{observado,i (ajust.)}$ - Número de acidentes observado ajustado por ano, na interseção i, [acidentes/ano];

$Var(N)$ – variância (o equivalente ao quadrado do desvio-padrão, s^2);

$N_{observado,i}$ – frequência média anual de acidentes observada na interseção i;

$N_{observado,y}$ – frequência média de acidentes, da população de referência y, [acidentes/ano];

Passo 4: Calcular o potencial de melhoria (PM) para cada interseção.

O PM de cada interseção obtêm-se através da diferença entre a frequência média de acidentes observada ajustada e a frequência média de acidentes da população de referência correspondente, equação (3.18).

$$PM_i = N_{observado,i (ajust.)} - N_{observado,y} \quad (3.18)$$

Onde:

PM_i - potencial de melhoria da interseção i, [acidentes/ano];

$N_{observado,i (ajust.)}$ - número de acidentes observado ajustado por ano, na interseção i, [acidentes/ano];

$N_{observado,y}$ – frequência média de acidentes, da população de referência y, [acidentes/ano];

Passo 5: Classificar os locais.

Ordenar as interseções por ordem decrescente do valor PM. É possível obter valores negativos para o PM, quando isso acontece quer dizer que a interseção tem baixo potencial para reduzir a frequência de acidentes.

3.2.1.5. Probabilidade de tipos específicos de acidentes excederem uma percentagem limite

Este método baseia-se na medida de desempenho designada probabilidade de tipos específicos de acidentes excederem uma percentagem limite. Os locais são ordenados com base na probabilidade da verdadeira percentagem, p_i , de um tipo ou gravidade de acidente em particular ser maior que a percentagem limite, p_i^* [21]. A percentagem limite (p_i^*) é selecionada para cada população, normalmente é com base na percentagem do principal tipo de acidente ou gravidade dentro da população de referência. A percentagem limite (p_i^*) é identificada para cada tipo de acidente selecionado para analisar.

Este método também pode ser aplicado como ferramenta de diagnóstico para identificar os padrões de acidentes ocorridos numa interseção ou em segmentos de vias (Capítulo 5, Parte B do HSM).

Dados necessários:

- Dados de acidentes por tipo e localização;
- Populações de referência.

Vantagens:

- Pode ser utilizado como ferramenta de diagnóstico;
- Considera a variância dos dados de acidentes;
- Não é afetado pelo fenómeno de regresso-à-média.

Limitações:

- Não contabiliza o volume de tráfego;
- Alguns locais podem ser selecionados, para serem analisados mais tarde devido à incomum frequência baixa de tipos de acidentes não considerados.

Procedimento:

Organizar os locais por populações de referência e analisá-los para identificar quais locais apresentam uma percentagem elevada de um tipo específico de acidente ou gravidade.

Passo 1: Calcular a percentagem observada.

A. Identificar qual o tipo de acidente ou gravidade a ter em consideração e calcular a percentagem observada do tipo de acidente ou gravidade considerado para cada interseção.

B. Identificar a frequência do tipo de acidente ou gravidade considerado, e o total de acidentes observado de todos os tipos e gravidade ao longo do período de estudo para cada interseção.

C. Calcular a percentagem observada do tipo de acidente ou gravidade considerado para cada interseção onde tenham ocorrido pelo menos 2 acidentes do tipo de acidente ou gravidade escolhida, com recurso à equação (3.3).

$$p_i = \frac{N_{observado,i}}{N_{observado,i(total)}} \quad (3.3)$$

Onde:

p_i – percentagem observada na interseção i ;

$N_{observado,i}$ – número de acidentes do tipo ou gravidade escolhido observado na interseção i ;

$N_{observado,i(total)}$ – número total de acidentes na interseção i .

Passo 2: Estimar uma percentagem limite.

Determinar a percentagem limite de acidentes, p_y^* , para um tipo de acidente ou gravidade específico. Um ponto de partida recomendado é a percentagem do acidente tipo na população de referência em consideração.

A percentagem de um tipo específico de acidente ou gravidade dentro de toda a população é calculada pela equação (3.4).

$$p_y^* = \frac{\sum N_{observado,i}}{\sum N_{observado,i(total)}} \quad (3.4)$$

Onde:

p_y^* - percentagem limite da população de referência y ;

$\sum N_{observado,i}$ – soma do número de acidentes do tipo ou gravidade considerado observado na interseção i , dentro da população;

$\sum N_{observado,i(total)}$ – soma do número total de acidentes observado na interseção i , dentro da população.

Passo 3: Calcular a variância.

Calcular a variância para cada subcategoria. Esta variância é diferente da variância da população, a qual é utilizada como fórmula padrão em várias ferramentas de softwares e folhas de cálculo.

Para este método, utilizar a equação (3.5) para calcular a variância, não esquecer a condição $N_{observado,i(total)} \geq 2$.

$$\begin{aligned} Var(N) = & \left(\frac{1}{n_{interseções} - 1} \right) \times \\ & \times \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_{observado,i}^2 - N_{observado,i}}{N_{observado,i(total)}^2 - N_{observado,i(total)}} \right) - \left(\frac{1}{n_{interseções}} \right) \times \right. \\ & \left. \times \left(\sum_{i=1}^n \frac{N_{observado,i}}{N_{observado,i(total)}} \right)^2 \right] \quad (3.5) \end{aligned}$$

Onde:

$n_{interseções}$ - número total de locais a serem analisados;

$N_{observado,i}$ - acidentes alvo observados para o local i ;

$N_{observado,i(total)}$ - número total de acidentes para o local i.

Passo 4: Calcular os parâmetros alfa e beta.

Calcular a percentagem média do acidente escolhido, por tipo de acidente ou gravidade, para os locais em consideração utilizando a equação (3.6). A percentagem média é calculada para cada população de referência.

$$\bar{p}_y^* = \frac{\sum p_i}{n_{interseções}}, N_{observado,i} \geq 2 \quad (3.6)$$

Onde:

$n_{interseções}$ - número total de interseções a serem analisadas;

\bar{p}_y^* - percentagem média do acidente tipo alvo, população de referência y;

p_i - percentagem observada na interseção i.

Calcular alfa (α) e beta (β) para cada subcategoria utilizando as equações (3.7) e (3.8).

$$\alpha = \frac{\overline{p_i^{*2}} - \overline{p_i^{*3}} - s^2(\overline{p_i^*})}{Var(N)} \quad (3.7)$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\bar{p}_i^*} - \alpha \quad (3.8)$$

Onde:

$Var(N)$ - variância;

\bar{p}_y^* - percentagem média do acidente tipo alvo, população de referência y;

Passo 5: Calcular a probabilidade.

Utilizando a função “DISTBETA” presente na categoria “Estatística” do programa Excell, calcular a probabilidade para cada interseção, como mostra a equação (3.9).

$$p\left(\frac{p_i > \bar{p}_i^*}{N_{observado,i}, N_{observado,i(total)}}\right) = 1 - DISTBETA(p_i^*, \alpha + N_{observado,i}, \beta + N_{observado,i(total)} - N_{observado,i}) \quad (3.9)$$

Onde:

\bar{p}_y^* - percentagem limite da população de referência y;

p_i - percentagem observada na interseção i;

$N_{observado,i}$ - número de acidentes observado do tipo ou gravidade escolhido na interseção i;

$N_{observado,i(total)}$ - número total de acidentes na interseção i.

Passo 6: Classificar os locais.

Classificar as interseções com base na probabilidade de cada interseção, de um tipo ou gravidade de acidente escolhido, exceder a percentagem limite da população de referência definida nesta medida de desempenho.

3.2.1.6. Excesso de percentagem de tipos específicos de acidentes

A forma de tratar os dados para aplicar este método é muito semelhante à anterior, exceto o facto dos locais serem organizados com base no excesso de percentagem. Os locais são analisados para quantificar o nível de sobrevalorização que um tipo específico de acidente pode atingir quando comparado com outros tipos de acidentes do mesmo local.

O excesso de percentagem é a diferença entre a verdadeira percentagem, p_i , e a percentagem limite, p_i^* . O excesso de percentagem é calculado para o local, se a probabilidade da percentagem observada no local, num período longo, for maior que a percentagem limite, p_i^* , excedendo um certo limite de probabilidade (exemplo, 90%). O maior valor de excesso representa o maior potencial para redução de frequência média de acidentes.

Este método também pode ser aplicado como ferramenta de diagnóstico para identificar os padrões de acidentes numa interseção ou em segmentos de estradas (Capítulo 5, Parte B do HSM).

Dados necessários:

- Dados de acidentes por tipo e localização;
- Populações de referência.

Vantagens:

- Pode ser utilizado como ferramenta de diagnóstico;
- Considera a variância dos dados de acidentes;
- Não é afetado pelo fenómeno de regresso-à-média.

Limitações:

- Não contabiliza o volume de tráfego;
- Alguns locais podem ser seleccionados, para serem aprofundados mais tarde devido à incomum frequência baixa de tipos de acidentes não objetivados.

Procedimento:

Organizar os locais por populações de referência.

O cálculo do excesso de percentagem segue o procedimento descrito nos passos 1 até ao 5 no método designado de probabilidade de tipos específicos de acidentes excederem uma percentagem limite. Neste método, é igualmente necessário estabelecer o tipo ou gravidade de acidente para analisar a interseção nesses termos, determinar a percentagem observada em cada interseção e a percentagem limite correspondente ao tipo ou gravidade de acidente escolhido para a população de referência.

Para calcular o excesso de percentagem por este método, é obrigatório que as probabilidades determinadas para cada interseção sejam superiores à respetiva percentagem limite da população de referência. Esta limitação das interseções é ainda acompanhada pela imposição de um limite de probabilidade. A limitação do valor da probabilidade pode variar dependendo do valor das probabilidades calculadas para cada interseção. Se muitos locais forem caracterizados por uma

probabilidade alta, a probabilidade limite correspondente pode também ser alta. O HSM propõe esta limitação porque defende uma redução do grupo em análise, de modo a encontrar um conjunto menor de locais adequado para a aplicação desta medida de desempenho. Parte do utilizador decidir este limite conforme o objetivo que pretende, sendo que este limite pode também depender de fatores financeiros.

O passo que se segue foi identificado como passo 6. Tem toda a lógica assumir as considerações e resultados obtidos do método anterior. Este método é adicional ao anterior fazendo todo o sentido analisar com os mesmos termos, quer isto dizer, com o mesmo tipo ou gravidade de acidente escolhido.

Passo 6: Calcular o excesso de percentagem.

O excesso de percentagem é calculado para cada interseção, através da diferença entre a percentagem observada e a percentagem limite correspondente. A equação (3.10) simboliza o excesso de percentagem.

$$p_{dif} = p_i - p_y^* \quad (3.10)$$

Onde:

p_y^* - percentagem limite da população de referência y;

p_i - percentagem observada na interseção i;

p_{dif} - excesso de percentagem na interseção i.

Passo 7: Classificar os locais.

Classificar as interseções por ordem decrescente do valor p_{dif} . Quanto maior for a diferença entre a percentagem observada e a percentagem limite, ou seja, quanto maior o valor do excesso de percentagem, maior é a probabilidade de selecionar esse local (de p_{dif} alto), o mesmo beneficiar de uma medida custo/benefício para o tipo ou gravidade considerado.

3.2.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (DADOS: VOLUME DE TRÁFEGO)

Para a aplicação dos métodos de avaliação de desempenho presentes neste subcapítulo, além da localização dos registos de acidentes rodoviários na rede, também são necessários os dados de volume de tráfego de cada interseção para o período temporal do estudo, tráfego médio diário anual (TMDA).

A metodologia adotada é análoga ao subcapítulo anterior, e consistiu na descrição, passo a passo, do procedimento e considerações tomadas para a aplicação destes métodos a interseções do meio urbano.

3.2.2.1. Taxa de acidentes

A medida de desempenho designada por taxa de acidentes pretende normalizar o número de acidentes relativamente à exposição, esta é medida pelo volume de tráfego. Para calcular a taxa de acidentes, o volume de tráfego inclui o número total de veículos que entram na interseção, medido como milhões de veículos que entram (MEV)¹², para o período de estudo.

Dados necessários:

¹² *Million entering vehicles*, em inglês;

- Dados de acidentes por localização (localizados na interseção);
- Volume de tráfego da cada interseção.

Vantagens:

- Simples;
- Se a organização dos dados de acidentes for a mesma que foi utilizada nos métodos EADM e IGR, o método taxa de acidentes pode ser modificado para considerar a gravidade.

Limitações:

- Não considera o fenómeno regresso-à-média;
- Não estima um limite que permite indicar locais onde ocorrem mais acidentes do que o previsto em comparação com locais de características semelhantes;
- Não podem ser feitas comparações entre locais com diferenças significativas de volume de tráfego;
- Erradamente dá prioridade a locais de baixo volume de tráfego, e baixo número de acidentes.

Procedimento:

Passo 1: Calcular o MEV para cada interseção.

Antes de determinar o MEV, é necessário calcular o volume total que entra (TEV)¹³ na interseção. O TEV é calculado através da soma do tráfego médio diário anual (TMDA) principal e secundário da interseção.

De seguida, calcular o MEV de cada interseção para o período de estudo considerado. Para calcular a exposição em milhões de veículos que entram (MEV) na interseção utilizar a equação (3.11).

$$MEV_i = \frac{TEV_i}{1.000.000} \times (n) \times (365) \quad (3.11)$$

Onde:

MEV_i – milhões de veículos que entram na interseção i ;

TEV_i – total de veículos que entram por dia na interseção i ;

n – número de anos do período de estudo.

Passo 2: Calcular a taxa de acidentes para cada interseção.

Calcular a taxa de acidentes de cada interseção, através da divisão entre o número de acidentes e o MEV da respetiva interseção. A equação (3.12) traduz o cálculo da taxa de acidentes.

$$R_i = \frac{N_{observado,i} (total)}{MEV_i} \quad (3.12)$$

Onde:

R_i – taxa de acidentes observada na interseção i , [acidentes/MEV];

¹³ *Total entering vehicles*, em inglês;

$N_{observado,i (total)}$ – total de acidentes observados na interseção i ;

MEV_i – milhões de veículos que entram na interseção i .

Passo 3: Classificar os locais.

Classificar as interseções com base na taxa de acidentes calculada para cada uma.

3.2.2.2. Taxa crítica de acidentes

Neste método, a taxa de acidentes observada em cada interseção é comparada com a taxa crítica de acidentes calculada, a qual é exclusiva de cada interseção. A taxa crítica de acidentes é um valor limite que possibilita uma comparação relativa entre interseções de características semelhantes. Os locais que excederem a sua própria taxa crítica devem ser marcados para um estudo mais aprofundado. Esta taxa depende da taxa média de acidentes de interseções com características semelhantes, do volume de tráfego, e de uma constante estatística (P) representativa do nível de confiança desejado.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por localização (localizados na interseção);
- Volume de tráfego da cada interseção;
- Populações de referência.

Vantagens:

- Reduz o efeito exagerado de locais com baixo volume;
- Considera a variância dos dados de acidentes;
- Estabelece um limite para comparação.

Limitações:

- Não considera o fenómeno regresso-à-média;

Procedimento:

Antes de iniciar a aplicação deste método, organizar as interseções em populações de referência segundo as diferenças operacionais e geométricas.

De seguida, é preciso definir o nível de confiança desejado. O HSM apresenta um quadro (quadro 3.2.) com vários valores correspondentes a diferentes níveis de confiança. Estes valores têm por base uma distribuição de Poisson, uma distribuição probabilística que melhor caracteriza a base de dados dos acidentes. Por exemplo, ao utilizar-se um valor $P=1,645$, garante-se uma confiança de 95% dos dados. Os níveis de confiança e os valores P a utilizar neste método são apresentados no quadro 3.2.

Quadro 3.2: Níveis de confiança e valores P a utilizar no método taxa crítica de acidentes (Fonte: [8]).

Nível de confiança	Valores P
85%	1,036
90%	1,282
95%	1,645

Nível de confiança	Valores P
99%	2,326
99,50%	2,576

Este método inicia-se no passo 3. Os passos 1 e 2 são análogos aos passos 1 e 2 do método taxa de acidentes onde é determinado o MEV e a taxa de acidentes para cada interseção, respetivamente.

Passo 3: Calcular a taxa média ponderada de acidentes para cada população.

A taxa média ponderada de acidentes para cada população é calculada através da equação (3.13).

$$R_{a,y} = \frac{\sum_{i=1} (TEV_i \times R_i)}{\sum_{i=1} TEV_i} \quad (3.13)$$

Onde:

$R_{a,y}$ - taxa média ponderada de acidentes da população de referência, y;

R_i - taxa de acidentes observada na interseção i, [acidentes/MEV];

TEV_i – total de veículos que entram por dia na interseção i.

Passo 4: Calcular a taxa crítica de acidentes para cada interseção.

Calcular a taxa crítica de acidentes para cada interseção com recurso à equação (3.14).

$$R_{c,i} = R_{a,y} + \left[P \times \sqrt{\frac{R_{a,y}}{MEV_i}} \right] + \left[\frac{1}{(2 \times MEV_i)} \right] \quad (3.14)$$

Onde:

$R_{c,i}$ - taxa crítica de acidentes da interseção i, [acidentes/MEV];

$R_{a,y}$ - taxa média ponderada de acidentes da população de referência, y;

P – valor representativo do nível de confiança;

MEV_i - milhões de veículos que entram na interseção i.

Passo 5: Comparar a taxa de acidentes observada com a taxa crítica de acidentes.

A taxa de acidentes observada em cada interseção é comparada com a respetiva taxa crítica de acidentes. Qualquer interseção com uma taxa de acidentes observada maior que a correspondente taxa crítica é marcada para uma análise mais profunda.

3.2.3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (DADOS: VOLUME DE TRÁFEGO E FPA)

Para aplicar os métodos de avaliação de desempenho presentes neste subcapítulo, além da localização dos registos de acidentes rodoviários e dos dados do volume de tráfego (TMDA), é também necessário uma FPA, calibrada para as condições locais, para estimar a frequência média de acidentes prevista

para cada interseção. A consideração destes dados implica maior credibilidade nos resultados obtidos, podendo assim assumir que com estes métodos obtêm-se resultados mais verdadeiros, traduzindo-se na maior potencialidade dos mesmos.

A metodologia adotada é análoga aos subcapítulos anteriores, e consistiu na descrição, passo a passo, do procedimento e considerações tomadas para aplicação destes métodos a interseções do meio urbano.

3.2.3.1. Nível de serviço de segurança (NSS)¹⁴

As interseções são classificadas com base na comparação entre a frequência média de acidentes observada em cada interseção e a frequência média de acidentes prevista para a respetiva população de referência [20], [22], [23]. Consoante o nível de diferença entre as duas frequências mencionadas, as interseções são divididas nas 4 categorias NSS, assim cada interseção é atribuída a uma categoria NSS. Interseções de elevada categoria NSS são selecionadas para um estudo mais detalhado.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por localização (recomendado um período de 3 a 5 anos);
- Função de previsão de acidentes (FPA) calibrada e parâmetro de sobredispersão;
- Volume de tráfego;
- Populações de referência.

Vantagens:

- Considera a variância dos dados de acidentes;
- Considera o volume de tráfego;
- Estabelece um limite para medir a frequência de acidentes.

Limitações:

- Os efeitos do fenómeno de regresso-à-média podem estar presentes nos resultados.

Procedimento:

Organizar as interseções em populações de referência.

Para aplicar este método, estimar a frequência média de acidentes prevista de cada interseção com recurso a funções de previsão de acidentes (FPAs). Para estimar a frequência média de acidentes, consultar a Parte C do HSM onde, o método de previsão de acidentes é descrito.

Passo 1: Calcular o desvio padrão.

Calcular o desvio padrão dos acidentes previstos, através da equação (3.19). A estimativa do desvio padrão é válida para FPAs que assumem uma distribuição binomial negativa para estimar os acidentes.

$$\sigma_i = \sqrt{k N_{previsto,i}^2} \quad (3.19)$$

Onde:

σ_i - desvio-padrão, na interseção i ;

¹⁴ Level of Service of Safety, em ingles;

k – parâmetro de sobredispersão da FPA associada;

$N_{previsto,i}$ – frequência média de acidentes (média do total de anos) prevista obtida através da FPA da interseção i .

Passo 2: Calcular os limites das categorias NSS.

Para calcular os limites das 4 categorias NSS de cada interseção, utilizar as equações apresentadas no quadro 3.3.

Quadro 3.3: Limites das categorias NSS (Fonte: [8]).

NSS	Condição	Descrição
I	$N_{observado} < (N - 1,5 \times \sigma)$	Indica um potencial baixo para reduzir acidentes
II	$(N - 1,5 \times \sigma) \leq N_{observado} < N$	Indica um potencial baixo a moderado para reduzir acidentes
III	$N \leq N_{observado} < (N + 1,5 \times \sigma)$	Indica um potencial moderado a alto para reduzir acidentes
IV	$N_{observado} \geq (N + 1,5 \times \sigma)$	Indica um potencial alto para reduzir acidentes

Onde:

σ – desvio padrão;

$N_{observado}$ – frequência média de acidentes observada;

N - frequência média de acidentes (média do total de anos) prevista obtida através da FPA.

Passo 3: Comparar os acidentes observados com os limites das categorias NSS.

Comparar a frequência de acidentes total observada de cada interseção, N , com os limites das 4 categorias NSS. De acordo com os limites calculados, observar em qual categoria se insere a frequência de acidentes total de cada interseção, e assim atribuir a cada interseção a devida categoria NSS.

Passo 4: Classificar os locais.

Classificar as interseções com base na categoria NSS determinada para cada interseção, tendo em consideração o total de acidentes.

3.2.3.2. Excesso previsto da frequência média de acidentes - FPAs

O método designado pela medida de desempenho excesso previsto da frequência média de acidentes compara a frequência média de acidentes observada com a frequência média de acidentes prevista pela FPA, da mesma interseção. O excesso previsto resulta da subtração da frequência de acidentes prevista

à frequência de acidentes observada. Quando o excesso previsto é maior que zero significa que na interseção ocorrem mais acidentes que o previsto, contrariamente, quando o valor do excesso previsto é negativo significa que na interseção ocorrem menos acidentes que o esperado. Neste método o excesso previsto da frequência de acidentes pode ser calculado para frequência média anual de acidentes (total de acidentes) ou pode ser calculada relativamente à frequência de um tipo particular de acidente ou gravidade. Esta seleção depende exclusivamente do utilizador e do objetivo da análise. Os locais são classificados por ordem decrescente de acordo com o excesso previsto calculado.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por localização;

Vantagens:

- Considera o volume de tráfego;
- Estabelece um limite para comparação
- Populações de referência.

Limitações:

- Os efeitos do fenómeno regresso-à-média podem estar presentes nos resultados.

Procedimento:

Organizar as interseções em populações de referência. Esta organização tem o intuito de agrupar as interseções de forma a criar grupos homogêneos, de acordo com certos critérios estabelecidos.

Para aplicar este método, primeiro é necessário estimar a frequência de acidentes prevista. Para tal, deve definir-se antes o tipo de análise que se pretende com o método, ou seja, se se pretende calcular o excesso previsto em termos gerais, considerando o número total de acidentes, ou se o excesso previsto é calculado para um tipo específico de acidente ou gravidade, ou ambos.

Para estimar a frequência de acidentes prevista pode ser utilizado o modelo de previsão de acidentes contemplado na Parte C do HSM.

Definido o tipo de análise que se pretende com a aplicação deste método, e estimadas as frequências de acidentes previstas aconselha-se que a informação seja organizada em quadros e que as interseções sejam agrupadas em populações de referência. A informação deverá apresentar os seguintes aspetos: o número da interseção, período temporal da análise, TMDA principal e secundário, o número de acidentes observados, a frequência média anual de acidentes observada e por último a frequência média de acidentes prevista por uma FPA.

Passo 1: Calcular o excesso previsto da frequência média de acidentes.

O excesso previsto da frequência média de acidentes para cada interseção baseia-se na média dos acidentes registados no total de anos considerados. O excesso é calculado através da subtração da frequência média prevista à frequência média de acidentes observada.

$$Excess (N)_i = \overline{N_{observado,i}} - \overline{N_{previsto,i}} \quad (3.20)$$

Onde:

$Excess (N)_i$ - excesso previsto da frequência média de acidentes, da interseção i [acidentes/ano];

$\overline{N_{observado,i}}$ - frequência média observada de acidentes na interseção i , [acidentes/ano];

$\overline{N_{previsto,i}}$ – frequência média de acidentes prevista através da FPA na interseção i , [acidentes/ano].

Passo 2: Classificar os locais.

Classificar as interseções em cada população de referência de acordo com o excesso previsto da frequência média de acidentes.

3.2.3.3. Frequência média de acidentes esperada - Método Empírico de Bayes (EB)

As frequências médias de acidentes observada e prevista são ponderadas em conjunto através da aplicação do método Empírico de Bayes (EB), com o objetivo de calcular a frequência média de acidentes esperada que trate o fenómeno de regresso-à-média. Assim este método é aplicado para estimar a frequência média de acidentes esperada, total ou por gravidade, ou ambos. Por fim, os locais são ordenados por ordem decrescente do valor da frequência média de acidentes esperada.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por gravidade e localização;
- Populações de referência;
- Volume de tráfego;
- Características básicas das interseções (por exemplo, tipo de sinalização, número de ramos);
- FPA calibrada e parâmetro de sobredispersão.

Vantagens:

- Considera o fenómeno regresso-à-média.

Limitações:

- Necessita da FPA calibrada para as condições locais.

Procedimento:

Em analogia com o método anterior, para aplicar este método é necessário estimar a frequência de acidentes prevista para cada interseção. Para esta estimativa pode ser utilizado o modelo de previsão de acidentes contemplado na Parte C, do HSM, após calibração para as condições locais.

Nos passos seguintes, apresentam-se o fator de correção anual e o ajustamento ponderado necessários para realizar o ajustamento EB dos valores de acidentes previstos. Com estes ajustamentos pretende-se considerar as flutuações anuais da ocorrência de um acidente, devido à variabilidade das condições da estrada, entre outros fatores semelhantes, e também incorporar o histórico dos acidentes específico a cada interseção. Desta forma o método considera o fenómeno de regresso-à-média.

Passo 1: Calcular o fator de correção anual.

Calcular o factor de correção anual, C_n (total), e de gravidade, C_n (mortos e feridos) para cada interseção, relativamente a cada ano. Para calcular estes dois fatores é necessário estimar a frequência

de acidentes prevista em termos totais de acidentes e em termos de gravidade (frequência de acidentes prevista com mortos e feridos).

O fator de correção anual é calculado através da divisão entre a frequência média prevista (obtida pela FPA) em cada ano n e a frequência média prevista para o primeiro ano de análise (ano 1). A introdução deste fator pretende capturar o efeito que as variações anuais do tráfego, do tempo, e a diversidade de veículos têm na ocorrência de acidentes [24].

$$C_{n(total),i} = \frac{N_{previsto,n(total),i}}{N_{previsto,1(total),i}} \quad e \quad C_{n(M/F),i} = \frac{N_{previsto,n(M/F),i}}{N_{previsto,1(M/F),i}} \quad (3.21)$$

Onde:

$C_{n(total),i}$ - fator de correção anual para o total de acidentes da interseção i ;

$C_{n(M/F),i}$ - fator de correção anual para acidentes com mortos ou feridos, ou ambos, da interseção i ;

$N_{previsto,n(total),i}$ - número total de acidentes previsto para n anos, na interseção i ;

$N_{previsto,n(M/F),i}$ - número de acidentes previsto com mortos ou feridos, ou ambos, para n anos, na interseção i .

Passo 2: Calcular o ajustamento ponderado.

Para calcular o ajustamento ponderado, w , para cada interseção, de acordo com o critério escolhido (número total de acidentes, ou acidentes por gravidade, ou ambos) recorrer as equações (3.22) e (3.23). O ajustamento ponderado, w , considera a fiabilidade da FPA (confiança estatística) associada devido à utilização do parâmetro de sobredispersão, k , da FPA usada. Quando os valores do parâmetro de sobredispersão são baixos (traduzem maior confiança), os valores do ajustamento ponderado são maiores. O mesmo para o inverso, ou seja, valores do parâmetro de sobredispersão altos, implicam valores baixos para o ajustamento ponderado, o que traduz pouca confiança nas estimativas resultantes da FPA.

$$w_{(total),i} = \frac{1}{1 + k_{(total)} \times \sum_{n=1}^N N_{previsto,n(total),i}} \quad (3.22)$$

e

$$w_{(M/F),i} = \frac{1}{1 + k_{(M/F)} \times \sum_{n=1}^N N_{previsto,n(M/F),i}} \quad (3.23)$$

Onde:

w_i – ajustamento ponderado Empírico de Bayes da interseção i ;

k – parâmetro de sobredispersão da FPA associada;

$N_{previsto,n(total),i}$ - número total de acidentes previsto para n anos, na interseção i ;

$N_{previsto,n(M/F),i}$ - número de acidentes previsto com mortos ou feridos, ou ambos, para n anos, na interseção i .

Passo 3: Calcular a frequência média esperada com ajustamento EB do primeiro ano.

Neste passo, o método EB combina a frequência de acidentes observada com a frequência média de acidentes prevista com a FPA. Quanto maior o ajustamento ponderado, w , maior o nível de confiança na estimativa das frequências médias previstas para cada ano, de cada interseção, resultantes da FPA.

Para calcular a frequência média esperada com o ajustamento EB para o primeiro ano, $N_{esperado,1}$ utilizar as equações (3.24) e (3.25).

$$N_{esperado,1(total),i} = w_{total,i} \times N_{previsto,1(total),i} + (1 - w_{total,i}) \times \left(\frac{\sum_{n=1}^N N_{observado,n(total),i}}{\sum_{n=1}^N C_{n(total),i}} \right) \quad (3.24)$$

e

$$N_{esperado,1(M/F),i} = w_{M/F,i} \times N_{previsto,1(M/F),i} + (1 - w_{M/F,i}) \times \left(\frac{\sum_{n=1}^N N_{observado,n(M/F),i}}{\sum_{n=1}^N C_{n(M/F),i}} \right) \quad (3.25)$$

Onde:

$N_{esperado,1,i}$ – frequência média estimada de acidentes com ajustamento EB para o ano 1, da interseção i ;

w_i – ajustamento ponderado Empírico de Bayes da interseção i ;

$N_{previsto,1,i}$ – frequência média de acidentes prevista para o ano 1 da interseção i ;

$N_{observado,n,i}$ - frequência de acidentes observada em cada ano na interseção i ;

$C_{n,i}$ - fator de correção anual da interseção i ;

n – ano.

Passo 4: Calcular a frequência média esperada com ajustamento EB, para o último ano.

Calcular o número de acidentes esperado, número total ou por gravidade, já ajustado com o método EB, para o último ano do período temporal considerado. Para tal, utilizar as equações (3.26) e (3.27).

$$N_{esperado,n(total),i} = N_{esperado,1(total),i} \times C_{n(total),i} \quad (3.26)$$

e

$$N_{esperado,n(MF),i} = N_{esperado,1(MF),i} \times C_{n(MF),i} \quad (3.27)$$

Onde:

$N_{esperado,n,i}$ - frequência média esperada de acidentes com ajustamento EB para último ano, da interseção i ;

$N_{esperado,1,i}$ - frequência média esperada de acidentes com ajustamento EB para o ano 1, da interseção i ;

$C_{n,i}$ - factor de correção anual para o ano, n , da interseção i ;

Passo 5: (Opcional) Calcular a variância da frequência média esperada ajustada com EB do último ano.

Este passo, deve ser realizado em situações de utilização do método “*peak searching*” (ou um equivalente para interseções). O HSM fornece duas equações, uma referente a segmentos de estradas e

rampas, e a outra aplicável a interseções. Como o trabalho está centrado em interseções apenas irá ser exposta a equação para o cálculo da variância em interseções, equação (3.28).

$$Var(N_{esperado,n},i) = N_{esperado,n,i} \times (1 - w_i) \times \frac{C_{n,i}}{\sum_{n=1}^N C_{n,i}} \quad (3.28)$$

Onde:

$Var(N_{esperado,n},i)$ - variância da frequência média esperada ajustada com EB do último ano, da interseção i ;

$N_{esperado,n,i}$ - frequência média de acidentes esperada com ajustamento EB para último ano, da interseção i ;

w_i - ajustamento ponderado Empírico de Bayes da interseção i ;

$C_{n,i}$ - factor de correção anual para o ano, n , da interseção i ;

Por último, segue-se o passo 6.

Passo 6: Classificar os locais.

Classificar as interseções com base na frequência média de acidentes esperada ajustada com o método EB para o último ano de análise, correspondente ao passo 4.

3.2.3.4. Frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais (EADM) - Método Empírico de Bayes (EB)

Neste método, é estimado o número de acidentes esperado EADM com a aplicação do método Empírico de Bayes. O número de acidentes esperado por gravidade é convertido em acidentes EADM, através do procedimento EADM apresentado na seção 3.2.1.2. Este método designado por frequência média de acidentes esperada com ajustamento EB tem a vantagem de tratar o fenómeno de regresso-à-média e considerar o volume de tráfego. Para a classificação dos locais, os valores resultantes da aplicação do procedimento EADM são ordenados por ordem decrescente.

A frequência de acidentes apenas de danos materias (ADM), feridos, e vítimas mortais é o número de acidentes, e não o número de feridos por acidente.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por gravidade e localização;
- Fatores de ponderação de gravidade
- Populações de referência;
- Volume de tráfego principal e secundário;
- Características básicas das interseções (por exemplo, tipo de sinalização, número de ramos);
- FPA calibrada e parâmetro de sobredispersão.

Vantagens:

- Considera o fenómeno regresso-à-média;
- Considera a gravidade do acidente.

Limitações:

- Pode sobrevalorizar locais de baixo número de acidentes graves, dependendo dos fatores de ponderação utilizados.

Procedimento:

Como se percebe pelo nome, este método aplica o procedimento Empírico de Bayes ao método frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais (EADM).

Para a aplicação deste método são necessários alguns valores já determinados anteriormente, no método frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais (EADM) e na frequência média esperada de acidentes através do método Empírico de Bayes (EB), e também organizar as interseções em populações de referência. Com isto, a apresentação e explicação do presente método irá começar a sua abordagem tendo em conta o procedimento destes métodos.

Para iniciar a aplicação do método, é preciso determinar os fatores de ponderação (EADM), f_y (*peso*), recorrendo aos custos sociais dos acidentes. De seguida determinar a frequência média de acidentes prevista através de uma FPA. E por fim aplicar o método EB para determinar as frequências média de acidentes esperada ajustada com EB do primeiro e último ano de análise. Para o cálculo destas frequências são necessários os fatores de correção anuais, C_n , e o ajustamento ponderado EB, w , descritos anteriormente.

Como estes passos já foram explicados nos respetivos métodos, optou-se por referir o que era necessário em vez de proceder outra vez à explicação dos elementos expostos anteriormente.

Obtida e reunida toda a informação necessária pode prosseguir-se na aplicação deste método. Assim, como primeiro passo surge o cálculo da percentagem de acidentes com vítimas mortais e feridos onde, as interseções estão organizadas em populações de referência.

Passo 1: Calcular a percentagem de acidentes com vítimas mortais e feridos.

Para identificar a percentagem de acidentes fatais em relação a todos os acidentes não ADM na população de referência respetiva utilizar a equação (3.29). Para determinar a percentagem de acidentes com feridos em relação a todos os acidentes não ADM da população de referência recorrer à equação (3.30).

$$P_{M,y} = \frac{\sum N_{observado,(M)}}{\sum N_{observado,(MF)}} \quad (3.29)$$

$$P_{F,y} = \frac{\sum N_{observado,(F)}}{\sum N_{observado,(MF)}} \quad (3.30)$$

Onde:

$N_{observado,(M)}$ - número de acidentes com mortos observados na população de referência;

$N_{observado,(F)}$ - número de acidentes com feridos observados na população de referência;

$N_{observado,(M/F)}$ - número de acidentes com mortos e feridos observados na população de referência;

$P_{M,y}$ – percentagem do número de acidentes com mortos observados em relação aos acidentes com mortos e feridos da população de referência y;

$P_{F,y}$ - percentagem do número de acidentes com feridos observados em relação aos acidentes com mortos e feridos da população de referência y .

Passo 2: Calcular o ajustamento ponderado dos acidentes com vítimas mortais e feridos.

Para calcular o fator de ponderação EADM, relativamente a acidentes com mortos e feridos utilizar a equação (3.31).

$$w_{EADM,MF,y} = P_{M,y} \times f_{k(peso)} + P_{F,y} \times f_{A/B/C(peso)} \quad (3.31)$$

Onde:

$f_{k(peso)}$ - fator de ponderação de acidentes com vítimas mortais;

$f_{A/B/C(peso)}$ - fator de ponderação de acidentes com feridos;

$P_{M,y}$ - percentagem do número de acidentes com mortos observados em relação aos acidentes com mortos e feridos da população de referência y ;

$P_{F,y}$ - percentagem do número de acidentes com feridos observados em relação aos acidentes com mortos e feridos da população de referência y .

Passo 3: Calcular a frequência média de acidentes esperada EADM para o último ano.

Com os dados existentes do último ano, utilizar a equação (3.32) para calcular a frequência média de acidentes esperada EADM de todas as interseções.

$$N_{esperado,n(EADM),i} = N_{esperado,n(ADM),i} + w_{EADM,MF,y} \times N_{esperado,n(M/F),i} \quad (3.32)$$

Onde:

$N_{esperado,n(EADM),i}$ - frequência média de acidentes esperada EADM com ajustamento EB do último ano, da interseção i ;

$N_{esperado,n(ADM),i}$ - frequência média de acidentes esperada ADM com ajustamento EB do último ano, da interseção i ;

$w_{EADM,MF,y}$ - ajustamento ponderado EADM, da população de referência y ;

$N_{esperado,n(M/F),i}$ - frequência média de acidentes esperada com mortos e feridos com ajustamento EB do último ano, da interseção i ;

Passo 4: Classificar os locais.

No último passo, classificar as interseções com base na pontuação EADM ajustada com EB, ou seja, ordenar as interseções por ordem decrescente do valor da frequência média de acidentes esperada EADM com ajustamento EB, $N_{esperado,n(EADM),i}$.

3.2.3.5. Excesso esperado da frequência média de acidentes – Método Empírico de Bayes (EB)

O método EB é aplicado para estimar a frequência de acidentes esperada. O valor da frequência de acidentes esperada é comparado com o valor da frequência de acidentes prevista através da FPA. A diferença entre estas duas frequências, frequência esperada e prevista, resulta no excesso esperado da

frequência média de acidentes. O excesso esperado é calculado para cada interseção e para cada ano de estudo. Quando o valor do excesso esperado da frequência de acidentes é maior que zero, significa que no local ocorrem mais acidentes que o esperado. Quando o valor do excesso esperado da frequência de acidentes é inferior a zero, significa que no local ocorrem menos acidentes que o esperado.

Dados necessários:

- Dados de acidentes por gravidade e localização;
- Populações de referência;
- Volume de tráfego principal e secundário;
- Características básicas das interseções (por exemplo, tipo de sinalização, número de ramos);
- FPA calibrada e parâmetro de sobredispersão.

Vantagens:

- Considera o fenómeno de regresso-à-média;
- Identifica um valor limite que permite indicar locais onde ocorrem mais acidentes do que o esperado, comparativamente a locais de características semelhantes.

Limitações:

- Nenhuma.

Procedimento:

Organizar as interseções em populações de referência.

Para a aplicação deste método é necessário estimar a frequência média de acidentes esperada através da aplicação do método EB (capítulo 3.2.3.3). Para tal é essencial determinar a frequência média de acidentes prevista através da FPA para todas as interseções. As frequências previstas e esperadas podem ser estimadas em termos de total de acidentes, acidentes com vítimas e acidentes com danos materiais. Uma vez determinadas as frequências esperadas, prosseguir para a aplicação deste método, o qual se baseia na medida de desempenho excesso esperado da frequência média de acidentes.

Passo 1: Calcular o excesso esperado da frequência média de acidentes.

O excesso esperado de cada interseção consiste na diferença entre as estimativas da frequência prevista e da frequência com ajustamento EB, como representa a equação (3.33). O excesso esperado com ajustamento EB conjuga os excessos esperados da frequência de acidentes ADM e da frequência de acidentes M/F.

$$Excesso_{n,i} = (N_{esperado,n (ADM),i} - N_{previsto,n (ADM),i}) + (N_{esperado,n (M/F),i} - N_{previsto,n (M/F),i}) \quad (3.33)$$

Onde:

$Excesso_{n,i}$ - excesso esperado para o ano n , da interseção i ;

$N_{esperado,n,i}$ - frequência média de acidentes esperada com ajustamento EB para o ano n , da interseção i ;

$N_{previsto,n,i}$ - frequência média de acidentes prevista para o ano n , da interseção i ;

Passo 2: (Opcional) Calcular o excesso ponderado com a gravidade.

Para calcular o excesso ponderado do tipo de gravidade dos acidentes são necessários os custos sociais dos acidentes por gravidade. O HSM, neste passo, aglomera o número de acidentes em acidentes com mortos e feridos e acidentes de apenas danos materiais (ADM), e disponibiliza os custos sociais correspondentes (quadro 3.4).

Quadro 3.4: Estimativa do custo social de acidente por gravidade (Fonte: [8]).

Gravidade	Custo Social por acidente (dólares)
Mortos e Feridos (K/A/B/C)	158.200
ADM (O)	7.400

De seguida, utilizar a equação (3.34) para determinar o excesso ponderado do tipo de gravidade.

$$\begin{aligned}
 Excesso_{(ponderado)n,i} &= (N_{esperado,n(ADM),i} - N_{previsto,n(ADM),i}) \times CA_{ADM} \\
 &+ (N_{esperado,n(M/F),i} - N_{previsto,n(M/F),i}) \times CA_{M/F}
 \end{aligned}
 \tag{3.34}$$

Onde:

$Excesso_{(ponderado)n,i}$ - valor do excesso ponderado esperado com ajustamento EB, ano n, interseção i;

CA_{ADM} - Custo por acidente apenas com danos materiais;

$CA_{M/F}$ - Custo por acidente apenas com mortos e feridos.

Passo 3: Classificar os locais.

A classificação das interseções é feita com base no excesso esperado, como calculado nos passos 1 e 2. Como foi dito o passo 2 é opcional por isso caso não seja realizado, a classificação das interseções é feita com base no excesso esperado da frequência média de acidentes com ajustamento EB. Visto que a análise é feita em populações de referência, também na classificação devem ser posicionadas dentro de cada população de referência.

4

IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DE LOCAIS – APLICAÇÃO DO HSM À CIDADE DO PORTO

4.1. CARATERIZAÇÃO DOS DADOS

No presente trabalho, a fim de melhorar a rede viária e diminuir a sinistralidade, foram analisados os acidentes ocorridos nas interseções de nível mencionadas anteriormente. No capítulo 2 foi feita uma apresentação geral dos acidentes ocorridos na cidade do Porto, no período de 2008 a 2011, para enquadrar a situação que se vive no Porto em relação à sinistralidade.

Neste ponto, foram identificadas as interseções de maior risco dentro da localidade do Porto. A análise centrou-se nos acidentes em interseções pois, julga-se serem os registos mais fiáveis, uma vez que o local da ocorrência é identificado pelo menos por 2 nomes de ruas, dispensando por isso a identificação do número de polícia que nem sempre é possível de obter e/ou gera habitualmente erros no processo de localização. Esta opção é também fundamentada por vários estudos onde este tipo de métodos são aplicados a interseções. De salientar que estas entidades viárias concentram habitualmente um número elevado de acidentes e apresentam características específicas que têm sido alvo de diversos estudos [7].

4.1.1. IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS INTERVENIENTES PARA O ESTUDO

No capítulo 2 foi apresentada uma figura com a rede viária da cidade do Porto para se mostrar a dimensão espacial da informação. Neste capítulo considerou-se interessante dar a conhecer o número de interseções existentes na cidade do Porto. A figura 4.1 foi elaborada no âmbito de uma dissertação de Mestrado Integrado de Engenharia Civil de José Manuel Barbosa de 2008 [25] onde foram identificadas as interseções existentes na rede viária através de um sistema de informação geográfico, o que resultou em 4439 interseções. No presente trabalho foram identificadas 963 interseções com pelo menos 1 acidente o que equivale a cerca de 27% de interseções com acidentes registados no período em análise.

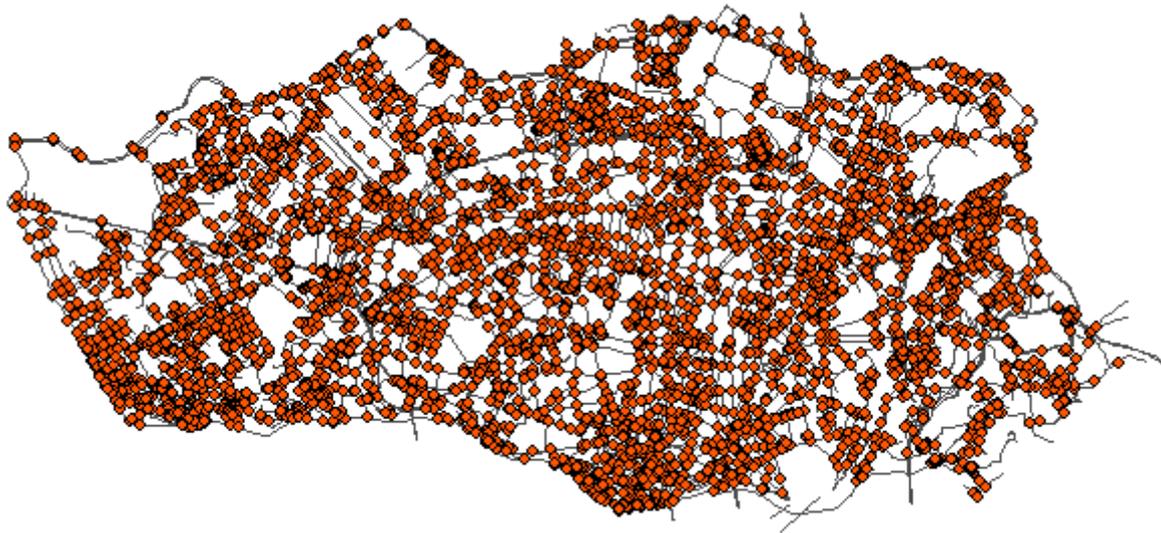


Figura 4.1: Total de interseções existentes na rede viária do Porto (Fonte: [25]).

Para determinar os locais que foram alvo de observação, inicialmente procedeu-se à análise do ficheiro com o registo dos acidentes (ficheiro Excell). Esta primeira análise focou-se nos registos de acidentes ocorridos em interseções por tipologias, designadas no presente trabalho como interseções tipo, tendo em conta o tipo de sinalização (interseções de prioridade à direita, interseções com prioridade, e interseções de sinais luminosos), e consistiu em localizar cada acidente registado na rede viária do Porto. O acidente, quando ocorrido numa interseção, é registado com associação a pelo menos 2 ruas onde ocorreu o acontecimento. Com isto, para cada acidente ocorrido foi necessário uma localização, verificação e eventual correção, para definir quantos ramos constituíam a respetiva interseção. Este passo foi concretizado com recurso ao programa Google Earth, 2012.

Para constituir o conjunto de interseções, alvo de aplicação dos métodos pretendidos, e assim definir as interseções de maior risco da rede viária do Porto, foram assumidas algumas considerações, as quais tinham função de exclusão de acidentes que não correspondessem ao âmbito do estudo e como tal não pertencentes ao futuro grupo de estudo. O ficheiro obtido é relativo a todos os acidentes ocorridos entre Janeiro de 2008 e Dezembro de 2011, resultando no registo de 20.513 acidentes. De forma a reduzir este grupo de estudo, centrou-se a análise aos acidentes dentro da localidade, para tal assumiu-se o limite de velocidade como um fator indicativo, eliminando todas as estradas onde é possível circular com uma velocidade superior a 50km/h, como autoestradas e estradas nacionais (por exemplo, via de cintura interna, avenida AEP, via norte, etc). Como já foi referido, a exclusão dos acidentes ocorridos fora das interseções tipo mencionadas foi também um critério, obtendo-se o registo de 5.423 acidentes (foram excluídos os acidentes quando o local foi registado no Excell como quilómetro, bloco de habitação, poste, parque de estacionamento, rotunda, café, posto de abastecimento), relativamente ao período de 2008 a 2011. Devido ao tempo disponível, foram localizados 4.350 acidentes na rede urbana do Porto, o que corresponde a 963 interseções.

De forma a perceber melhor o nível de número de acidentes do grupo de interseções identificadas, não fugindo ao propósito da presente dissertação, foi elaborada a figura 4.2. Através da qual se pretendeu ilustrar a distribuição percentual das interseções quanto ao número total de acidentes registados nas mesmas. Com o intuito de facilitar a leitura da figura e também devido à larga amplitude do número

de acidentes, a distribuição percentual é referente a um determinado intervalo de número de acidentes, e não um número de acidentes.

Como se pode constatar pela figura 4.2, das 963 interseções identificadas na rede viária do Porto 68,2% apresentaram no máximo 4 acidentes no período total de estudo (4 anos). Pode-se assim dizer que grande parte das interseções identificadas (657 interseções) apresenta uma frequência baixa de acidentes. A segunda percentagem mais alta, 20,1%, representa a fração de interseções onde se registaram no mínimo 5 acidentes e no máximo 9, inclusivé. A percentagem mais baixa (0,2%) corresponde às interseções com as maiores frequências de acidentes. Note-se, que as interseções com 30, 31, e 32 acidentes representam 2,8%.

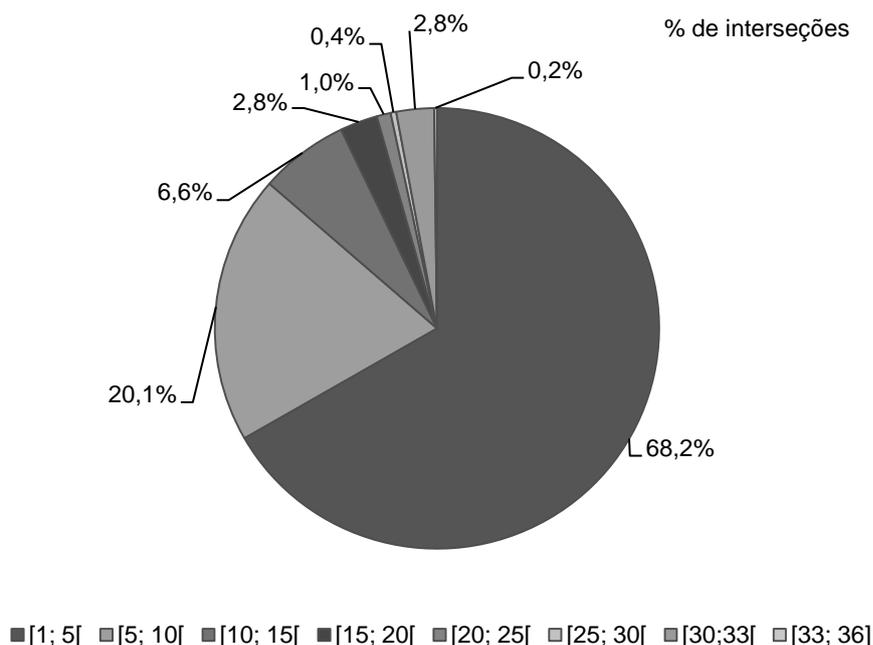


Figura 4.2: Distribuição percentual das interseções considerando o número total de acidentes.

Conclui-se que, em termos de total de acidentes, as interseções da rede urbana do Porto estudadas não apresentam números muito elevados de acidentes e também que a grande maioria das interseções identificadas é caracterizada por uma frequência baixa de acidentes. Assim, a maior parte dos acidentes estão distribuídos por um número elevado de interseções. Note-se, no entanto, que devido a erros em todo o processo de registo até ao tratamento de dados estes números poderão estar sobdimensionados.

De facto, é de referir as dificuldades e obstáculos encontrados nesta fase. Ao localizar os acidentes na rede foi perceptível a incorreção de alguma informação, como alguns registos que apresentam, em vez do nome da rua, um ponto de referência, por exemplo um posto de abastecimento. Em Portugal, o acidente é registado no Boletim Estatístico de Acidente de Viação e na Participação do Acidente (formulários standardizados). No entanto, constatou-se que o campo referente ao número de polícia (o qual serve para identificar concretamente o local onde ocorreu o acidente), na maioria dos registos de acidentes, não foi preenchido. Também se confirmou que alguns registos de acidentes têm registo de vítimas mas não têm informação relativa a elas, noutros casos a informação está presente no ficheiro mas não está visível, tendo de ser trabalhado primeiro o ficheiro. Por último, o ficheiro fornecido não tinha dados relativos aos meses de Julho e Agosto de 2010. Para colmatar esta falha, foi necessário pedir a informação à minha colega Vânia. Todo este processo é moroso e incompatível com

o tempo disponível, tendo em conta que o objetivo do trabalho é a aplicação de uma metodologia e não o tratamento dos dados.

4.2. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS A INTERSEÇÕES DE RISCO DA CIDADE DO PORTO

4.2.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES

Como foi abordado no capítulo 3.2.1.1, este método distingue-se pelo seu caráter de simplicidade, no entanto, não é aconselhável o seu uso separadamente, ou seja, deve ser acompanhado de outros métodos para se poder aferir com um maior grau de confiança os locais de maior risco de acidente.

Passo 1: Somar acidentes para cada local.

Neste método, a contagem foi feita em termos do número total de acidentes, e também no número total de acidentes com vítimas e acidentes com danos materiais ocorridos em cada interseção. Devido à extensão da informação, pois são 963 interseções, o quadro com esta informação é apresentado no Anexo IV (quadro com a frequência de acidentes de todas as interseções).

Passo 2: Classificação dos locais.

De seguida, com recurso ao Excell, os locais foram ordenados por ordem decrescente do número de acidentes, obtendo nos primeiros lugares do quadro as interseções onde a incidência de acidentes é maior e assim focar a aplicação dos métodos nestas. A classificação foi apresentada em quadro, onde a primeira coluna refere-se ao número total de acidentes de cada interseção, a segunda coluna mostra o número de acidentes com vítimas, e na terceira coluna foram organizados de acordo o número de acidentes com danos materiais.

De seguida apresentaram-se as interseções selecionadas, bem como os critérios assumidos para essa seleção.

4.2.2. SELEÇÃO DOS LOCAIS PARA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS COM DADOS DE TRÁFEGO E OUTROS DADOS

Como já foi referido, com a aplicação do primeiro método pretende-se reduzir o número de interseções a integrar o estudo. O resultado do método frequência média de acidentes culminou numa classificação registada em quadro. Para prosseguir o estudo, consideraram-se as interseções que registaram pelo menos 10 acidentes, ao longo dos 4 anos. Este número teve como base a ponderação entre um número não muito elevado de interseções a considerar na segunda fase do estudo e um número ainda baixo de acidentes por ano por interseção (cerca de 3 acidentes). Com isto obtiveram-se 112 interseções a considerar na segunda fase. Como se trata de um estudo inicialmente global, dentro do conjunto destas 112 interseções, existiam ainda interseções constituídas por ruas de acesso local, para as quais não foi possível obter os dados de volume de tráfego, sendo impossível com os meios e tempo disponíveis qualquer estimativa do mesmo. Após eliminar essas interseções obteve-se um conjunto de 60 interseções. No quadro 4.1 apresentaram-se as interseções aptas para serem aplicados os métodos contemplados no capítulo 4 do HSM.

Quadro 4.1: Interseções selecionadas para a aplicação dos métodos do HSM.

Inter. ¹⁵ nº	Arruamento 1	Arruamento 2	Arruamento 3	Arruamento 4	Arruamento 5	Nº total de acidentes
1	Oliveira Monteiro (R. de)	Quinta Amarela (R. da)	Egas Moniz (R. de)			23
6	Fernão de Magalhães (Av. de)	Santa Justa (R. de)				26
10	Clérigos (R. dos)	Lóios (L. dos)				31
12	Infante D. Henrique (R. do)	Mouzinho da Silveira (R. de)				22
15	Prelada (R. da)	Carvalhido (R. do)	Natária (R. da)	Exército Libertador (P. do)		10
18	Alegria (R. da)	Firmeza (R. da)				30
22	Cinco de Outubro (R. de)	Vanzeleres (R. dos)	Domingos Sequeira (R. de)			36
23	João de Deus (R. de)	Tenente Valadim (R. do)				14
27	Fernão de Magalhães (Av. de)	Mercês (R. das)	Ajuda (R. da)			15
28	Regeneração (R. da)	João das Regras (R. de)	República (P. da)			10
30	Antero de Quental (R. de)	Constituição (R. da)				20
63	Montevideu (Av. de)	Perô da Covilhã (R. de)				10
67	Gonçalo Cristovão (R. de)	Camões (R. de)				10

¹⁵ Interseção

Inter. nº ¹⁵	Arruamento 1	Arruamento 2	Arruamento 3	Arruamento 4	Arruamento 5	Nº total de acidentes
77	Ferreira dos Santos (R. de)	Escolas (R. das)				30
78	Santos Pousada (R. de)	Vinte e Quatro de Agosto (C. de)				15
84	França (Av. da)	Constituição (R. Da)				15
95	Boavista (Av. da)	Beato Inácio de Azevedo (R. do)				10
98	Alegria (R. da)	Latino Coelho (R. de)				29
106	Boavista (R. da)	Oliveira Monteiro (R. de)	Aníbal Cunha (R. de)			17
125	Basílio Teles (Alam. de)	D. Pedro V (R. de)				15
132	Campo Alegre (R. do)	Via Panorâmica				14
134	Fernandes Tomás (R. de)	D. João IV (R. de)				31
135	Júlio Dinis (R. de)	Galiza (P. da)				24
139	Boavista (Av. da)	S. João de Brito (R. de)				11
142	Marechal Gomes da Costa (Av. do)	Garcia D'Orta (R. De)				11
155	Monte dos Burgos (R. Do)	Circunvalação (Est.)				15
156	França (Av. da)	Quinta Amarela (R. da)	Domingos Sequeira (R. de)			10

Inter. nº	Arruamento 1	Arruamento 2	Arruamento 3	Arruamento 4	Arruamento 5	Nº total de acidentes
160	Santos Pousada (R. de)	Latino Coelho (R. de)	Rainha D. Amélia (P. da)			15
172	S. João de Brito (R. de)	Beato Inácio de Azevedo (R. do)				11
178	Diogo Botelho (R. de)	Campo Alegre (R. do)	Serralves (R. de)	Condominhas (R. das)	António Bessa Leite (R. de)	32
195	Diogo Botelho (R. de)	Condominhas (Tv. das)				10
210	Marechal Gomes da Costa (Av. do)	Boavista (Av. da)				17
211	Antero de Quental (R. de)	Damião de Góis (R. de)				20
212	Faria Guimarães (R. de)	Covelo (R. do)				12
227	Júlio Dinis (R. de)	Piedade (R. da)				21
228	Marechal Gomes da Costa (Av. do)	António Galvão (R. de)				28
259	Boavista (Av. da)	António Aroso (R. de)				23
270	Alegria (R. da)	Constituição (R. da)				17
274	Gonçalo Cristovão (R. de)	República (P. da)				12
280	Piedade (R. da)	Calouste Gulbenkian (R. de)				17
282	Basílio Teles	Restauração				10

Inter. nº ¹⁵	Arruamento 1	Arruamento 2	Arruamento 3	Arruamento 4	Arruamento 5	Nº total de acidentes
	(Alam. de)	(R. da)				
286	Conde da Covilhã (R. do)	Eng. Ezequiel de Campos (R. do)				10
296	Fernão de Magalhães (Av. de)	Contumil (R. de)				12
302	S. João de Brito (R. de)	Mota Pinto (R. de)	Arquitecto Cassiano Barbosa (R. do)			14
315	Campo Alegre (R. do)	Guerra Junqueiro (R. de)				12
333	D. Afonso Henriques (Av. De)	Mouzinho da Silveira (R. de)	Almeida Garret (P. De)			13
345	Campo Alegre (R. do)	Galiza (P. da)				12
347	Emílio Biel (R.)	Bouça Ribas (R.)				18
349	Almada (R. do)	República (P. da)				15
359	Vale Formoso (R. de)	Campo Lindo (R. do)				10
362	Alegria (R. da)	Fernandes Tomás (R. de)				11
378	Lidador (R. do)	Martim Moniz (R. de)				17
401	Constituição (R. da)	Prof. Bento de Jesus Caraça (R. do)	Carlos Malheiro Dias (R. de)	Teixeira de Pascoais (P. de)		18
406	Pedro Hispano (R. de)	Tenente Valadim (R. do)				12
422	Alexandre Herculano (R. de)	Duque de Loulé (R. do)				11

Inter. n ^o	Arruamento 1	Arruamento 2	Arruamento 3	Arruamento 4	Arruamento 5	N ^o total de acidentes
464	Marechal Saldanha (R. do)	Molhe (R. do)				25
492	Amial (R. do)	Circunvalação (Est.)				20
513	Constituição (R. da)	Cantor Zeca Afonso (R. do)	S. Brás (R. de)			10
636	João de Deus (R. de)	Pedro Hispano (R. de)				19
721	Fernão de Magalhães (Av. de)	Antas (Alam. Das)				10

No quadro 4.1, apresentaram-se as interseções com os respectivos nomes, e o número correspondente para a identificação das mesmas. Daqui em diante, no progresso do estudo, apenas foram utilizados os números de identificação de cada interseção, de modo a proporcionar facilidade de leitura quer nos quadros quer na comparação entre métodos.

Na próxima secção, foi realizado o agrupamento das interseções em populações de referência.

4.2.2.1. Populações de referência

Estabelecer as populações de referência consiste em organizar as interseções identificadas com recurso aos registos de acidentes do período de estudo segundo determinados fatores, tais como referidos na apresentação do procedimento de análise de uma rede de transportes segundo o HSM. O grupo denominado população de referência tem como objetivo dividir e agrupar as interseções de acordo com as características estabelecidas e mais adequadas ao objetivo, pelo responsável que realiza o estudo. Esta divisão permite fazer uma comparação entre interseções de características semelhantes, e posteriormente, em certos casos, uma comparação entre interseções de populações diferentes.

Neste trabalho, para a criação dos grupos populações de referência assumiu-se como característica de maior importância o tipo de controlo de tráfego presente na interseção. Como já foi referido poderiam ter sido utilizadas, em conjunto, outras características. A opção de assumir apenas uma característica para fazer a separação, advém do facto do trabalho desenvolvido até aqui ter sido baseado na seleção de interseções com características mais ou menos homogéneas, sendo que na generalidade apresentam 4 ramos cujas vias são classificadas como distribuidoras principais, e também do critério assumido no modelo de previsão de acidentes, no qual apenas foram considerados 2 grupos (grupo de interseções luminosas, e grupo de interseções não luminosas). Com isto, foram estabelecidas 2 populações de referência: (1) população de referência de sinais luminosos (SL); (2) e população de referência com interseções de prioridade à direita e prioritárias (PD/P). Nos quadros seguintes (quadro 4.2 e 4.3) apresentaram-se as interseções constituintes de cada grupo de referência.

Quadro 4.2: População de referência SL.

Interseção nº	Tipo de controlo	Nº de ramos	Total de acidentes	Frequência média de acidentes observada
1	SL	5	23	5,8
6	SL	4	26	6,5
15	SL	4	10	2,5
22	SL	4	36	9
27	SL	4	15	3,8
30	SL	4	20	5
63	SL	3	10	2,5
67	SL	5	10	2,5
84	SL	4	15	3,8
95	SL	4	10	2,5
98	SL	4	29	7,3
106	SL	4	17	4,3
125	SL	3	15	3,8
132	SL	4	14	3,5
134	SL	3	31	7,8
135	SL	3	24	6
139	SL	3	11	2,8
155	SL	3	15	3,8
156	SL	4	10	2,5
160	SL	4	15	3,8
178	SL	5	32	8
195	SL	4	10	2,5
210	SL	3	17	4,3
211	SL	4	20	5
212	SL	3	12	3
227	SL	4	21	5,3
259	SL	3	23	5,8
270	SL	4	17	4,3
282	SL	3	10	2,5
296	SL	4	12	3

Interseção nº	Tipo de controlo	Nº de ramos	Total de acidentes	Frequência média de acidentes observada
302	SL	4	14	3,5
333	SL	4	13	3,3
347	SL	4	18	4,5
349	SL	4	15	3,8
359	SL	3	10	2,5
362	SL	4	11	2,8
401	SL	4	18	4,5
422	SL	4	11	2,8
492	SL	4	20	5
513	SL	4	10	2,5
636	SL	4	19	4,8
721	SL	4	10	2,5
Total			699	174,8

Quadro 4.3: População de referência PD/P.

Interseção nº	Tipo de controlo	Nº de ramos	Total de acidentes	Frequência média de acidentes observada
10	PD	4	31	7,8
12	PD	3	22	5,5
18	PD	4	30	7,5
23	P	4	14	3,5
28	P	4	10	2,5
77	P	4	30	7,5
78	PD	3	15	3,8
142	P	3	11	2,8
172	PD	3	11	2,8
228	P	4	28	7
274	P	3	12	3
280	P	4	17	4,3
286	P	3	10	2,5
315	PD	3	12	3

Interseção nº	Tipo de controlo	Nº de ramos	Total de acidentes	Frequência média de acidentes observada
345	PD	3	12	3
378	PD	4	17	4,3
406	PD	4	12	3
464	P	4	25	6,3
Total			319	79,8

A frequência média de acidentes observada referida nos quadros 4.2 e 4.3 corresponde ao número de acidentes observados em cada interseção no período global do estudo, dividido pelo período temporal considerado.

No próximo ponto tratou-se da estimativa do tráfego médio diário anual (TMDA) para as interseções consideradas.

4.2.2.2. Cálculo dos TMDAs para o estudo

Para o período em estudo (2008 a 2011) não foi possível recolher dados relativos ao volume de tráfego, e por isso houve a necessidade de estimar esses valores tendo em consideração a tendência verificada num período de 5 anos anterior ao período em análise.

Os volumes de tráfego relativos ao período anterior, resultaram da modelação do tráfego da rede do Porto com recurso ao programa de cálculo SATURN¹⁶ realizada no âmbito de um protocolo entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a Câmara Municipal do Porto. Os resultados obtidos na aplicação do SATURN, no âmbito dessa dissertação, correspondem aos volumes de hora de ponta (VHP) para o ano de 2005. Estes resultados foram afetos à rede viária do Porto [26].

Para complementar a informação do SATURN recorreu-se, ainda, aos valores do tráfego medidos por equipamento de recolha automática de dados de tráfego (espiras eletromagnéticas, vulgarmente denominadas contadoras) instaladas em algumas zonas do Porto e cujos dados são arquivados na Câmara Municipal do Porto. As contadoras registam permanentemente o número de veículos que passam. Assim, o TMDA para os 5 anos foi também calculado com base nos dados das contadoras, sendo possível a partir destes 5 anos analisar a tendência do tráfego [26].

Assumindo que a tendência se mantém nos anos seguintes, até 2011, determinaram-se os valores de TMDA para as interseções em estudo a partir dos valores de TMDA de 2001 a 2005. Esta tendência foi apresentada no quadro 4.4, estes valores foram utilizados para calcular o TMDA de 2008, 2009, 2010, 2011, tendo como referência o valor do TMDA de 2005.

Quadro 4.4: Cálculo da tendência do TMDA.

Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Tendência	0,88	0,84	0,87	0,85	1,00	0,96	0,99	1,01	1,04	1,06	1,08	1,11

¹⁶ *Simulation and Assignment of Traffic to Urban Roads Networks*, in Ferreira (2010); Modelo de análise de redes desenvolvido pelo Institute of Transport Studies, da Universidade de Leeds;

Como se pode observar pelo quadro 4.4, verificou-se uma tendência crescente do volume de tráfego e que se assumiu linear no período respetivo ($y=0,025x+0,84$). Salienta-se, porém, que estes valores são obtidos por simplificação, podendo por esse facto, não representar valores reais.

4.2.2.3. Número de acidentes previsto para cada interseção através da FPA

As funções de previsão de acidentes (FPA) são desenvolvidas através de técnicas estatísticas de regressão múltipla recorrendo a dados históricos registados ao longo de vários anos para locais com características semelhantes mas que abrangem uma vasta gama de valores do tráfego médio diário anual (TMDA). As FPAs representam uma função de, apenas, algumas variáveis, concretamente o volume de tráfego (TMDA).

Os parâmetros de regressão das FPAs foram determinados considerando que as frequências de acidentes seguem uma distribuição binomial negativa (BN). A distribuição BN é um desenvolvimento da distribuição de Poisson, a qual é habitualmente utilizada para caracterizar as frequências de acidentes. Porém, a distribuição de Poisson assume a média igual à variância e esta condição não é verificada na maior parte das bases de dados de frequências de acidentes, em que normalmente a variância excede a média. A distribuição BN engloba um parâmetro adicional estatístico, designado parâmetro de sobredispersão (k) que é estimado em conjunto com os parâmetros da equação de regressão. Quanto maior for o parâmetro de sobredispersão, maior a variação dos dados de acidentes relativamente ao valor médio. Este parâmetro foi utilizado para calcular o desvio padrão no método excesso previsto e também o fator de ajustamento ponderado necessário para aplicação do método EB.

Para aplicar a FPA ao local em estudo é necessário conhecer as características geométricas de base e informação geográfica do local, informação sobre TMDA registado em períodos passados ou estimado para períodos futuros, e por último as características geométricas detalhadas do local, para determinar a variação das condições do local relativamente às condições de base [18].

Tendo de base o trabalho desenvolvido por Ferreira [26], foi aplicado ao conjunto de interseções em estudo uma FPA obtida a partir da aplicação de um modelo de previsão de acidentes com distribuição BN a 211 interseções da cidade do Porto com dados de acidentes relativos aos anos de 2001 a 2005 (consultar Anexo V). Com a aplicação do modelo BN foram obtidos os coeficientes que possibilitaram a aplicação da FPA. A FPA utilizada foi demonstrada pela equação (4.1).

$$N_MBN = \exp(\beta_0) \times \exp(\beta_1 \times \ln(TMDApr)) \times \exp(\beta_2 \times \ln(TMDAsec)) \times \exp(\beta_3 \times Dummy4Ramos) \times \exp(\beta_4 \times DummySinalLuminosa) \quad (4.1)$$

Os coeficientes β foram estimados depois de correr o modelo BN através do software LIMDEP¹⁷, e permitiram estimar a frequência de acidentes prevista em termos totais de acidentes e também prever o número de acidentes só com vítimas. Os valores dos coeficientes foram apresentados no quadro 4.5.

Quadro 4.5: Valores dos coeficientes necessários para estimar a frequência de acidentes prevista.

Variáveis	Total de	Acidentes
	acidentes	c/ vítimas
Coeficientes		
β_0	-3,175	-4,882
β_1	0,303	0,299
β_2	0,076	0,065

¹⁷ Econometric Software, Inc.

Variáveis	Total de acidentes	Acidentes c/ vítimas
	Coeficientes	
β_3	0,126	0,571
β_4	0,409	0,475
k	0,502	0,672

É de salientar, que os valores estimados para estes coeficientes apresentam níveis de confiança na sua maioria, perto de 100% (superior a 95%), não pondo em causa a fiabilidade da aplicação da FPA bem como os resultados obtidos (ver lista dos resultados apresentados pelo software LIMDEP no Anexo V)

As variáveis designadas de Dummies (variáveis binárias que podem assumir o valor de 0 ou 1), presentes na equação (4.1), procuram caracterizar a interseção quanto ao número de ramos (no caso de 4 ramos assume o valor 1) e quanto ao tipo de sinalização (no caso de sinalização luminosa assume o valor 1).

No quadro 4.6 foram apresentadas as frequências previstas calculadas para cada interseção. A estimativa da frequência média de acidentes prevista referente a acidentes apenas de danos materiais (ADM) foi determinada através da subtração da frequência prevista de vítimas (mortos e feridos, M/F) à frequência média prevista (total).

Quadro 4.6: Valores das frequências médias previstas, obtidas pela FPA.

Interseção n°	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
1	2008	17445	16828	2,5	0,4	2,1	2,6
	2009	17867	17235	2,6	0,4	2,1	
	2010	18290	17643	2,6	0,4	2,2	
	2011	18713	18051	2,6	0,4	2,2	
6	2008	37240	3745	3,2	0,5	2,8	3,3
	2009	38142	3835	3,3	0,5	2,8	
	2010	39045	3926	3,3	0,5	2,8	
	2011	39947	4017	3,3	0,5	2,8	
10	2008	20087	14345	2,0	0,4	1,5	2,0
	2009	20574	14693	2,0	0,4	1,5	
	2010	21061	15040	2,0	0,4	1,6	

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
12	2011	21547	15388	2,0	0,4	1,6	1,9
	2008	33827	5312	1,9	0,5	1,4	
	2009	34646	5441	1,9	0,5	1,4	
	2010	35466	5570	1,9	0,5	1,4	
	2011	36286	5698	1,9	0,5	1,4	
15	2008	12270	9870	2,5	0,4	2,1	2,5
	2009	12567	10110	2,5	0,4	2,1	
	2010	12864	10349	2,5	0,4	2,2	
	2011	13161	10588	2,6	0,4	2,2	
18	2008	6504	5797	1,3	0,3	1,0	1,3
	2009	6662	5937	1,3	0,3	1,0	
	2010	6820	6078	1,3	0,3	1,0	
	2011	6977	6218	1,3	0,3	1,0	
22	2008	42395	6786	3,5	0,5	3,0	3,6
	2009	43422	6950	3,5	0,5	3,0	
	2010	44450	7115	3,6	0,5	3,1	
	2011	45477	7279	3,6	0,5	3,1	
23	2008	23751	2348	1,8	0,4	1,4	1,8
	2009	24326	2405	1,8	0,4	1,4	
	2010	24902	2461	1,8	0,4	1,4	
	2011	25477	2518	1,9	0,4	1,4	
27	2008	47575	0	1,9	0,3	1,6	1,9
	2009	48728	0	1,9	0,3	1,6	
	2010	49880	0	1,9	0,3	1,6	
	2011	51033	0	1,9	0,3	1,6	
28	2008	31578	4786	2,1	0,5	1,6	2,1
	2009	32343	4902	2,1	0,5	1,6	

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
	2010	33108	5017	2,1	0,5	1,6	
	2011	33874	5133	2,1	0,5	1,7	
30	2008	23254	15046	3,1	0,5	2,7	3,2
	2009	23817	15410	3,1	0,5	2,7	
	2010	24381	15775	3,2	0,5	2,7	
	2011	24944	16139	3,2	0,5	2,7	
63	2008	19775	0	1,3	0,2	1,0	1,3
	2009	20254	0	1,3	0,2	1,0	
	2010	20734	0	1,3	0,2	1,0	
	2011	21213	0	1,3	0,2	1,0	
67	2008	36060	30500	3,3	0,5	2,8	3,4
	2009	36934	31239	3,3	0,6	2,8	
	2010	37808	31978	3,4	0,6	2,8	
	2011	38682	32717	3,4	0,6	2,8	
77	2008	4130	394	0,9	0,2	0,7	0,9
	2009	4230	404	0,9	0,2	0,7	
	2010	4330	413	0,9	0,2	0,7	
	2011	4430	423	1,0	0,2	0,7	
78	2008	14256	2881	1,4	0,4	1,0	1,4
	2009	14601	2951	1,4	0,4	1,0	
	2010	14946	3021	1,4	0,4	1,1	
	2011	15292	3091	1,4	0,4	1,1	
84	2008	17462	16588	2,9	0,4	2,5	2,9
	2009	17885	16990	2,9	0,4	2,5	
	2010	18308	17392	2,9	0,4	2,5	
	2011	18731	17794	3,0	0,4	2,5	
95	2008	20289	240	2,2	0,3	1,8	2,2

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
	2009	20781	246	2,2	0,3	1,9	
	2010	21273	252	2,2	0,3	1,9	
	2011	21764	257	2,2	0,3	1,9	
98	2008	22294	14583	3,1	0,5	2,6	
	2009	22834	14936	3,1	0,5	2,6	
	2010	23375	15290	3,1	0,5	2,7	3,1
	2011	23915	15643	3,2	0,5	2,7	
106	2008	23014	8397	3,0	0,4	2,5	
	2009	23572	8600	3,0	0,4	2,6	
	2010	24129	8804	3,0	0,4	2,6	3,0
	2011	24687	9007	3,1	0,5	2,6	
125	2008	34598	4301	2,8	0,5	2,3	
	2009	35436	4405	2,8	0,5	2,4	
	2010	36275	4510	2,9	0,5	2,4	2,9
	2011	37113	4614	2,9	0,5	2,4	
132	2008	27543	20824	2,2	0,5	1,7	
	2009	28210	21329	2,3	0,5	1,8	
	2010	28877	21833	2,3	0,5	1,8	2,3
	2011	29545	22338	2,3	0,5	1,8	
134	2008	11408	8998	2,1	0,4	1,8	
	2009	11684	9216	2,1	0,4	1,8	
	2010	11961	9434	2,2	0,4	1,8	2,2
	2011	12237	9652	2,2	0,4	1,8	
135	2008	22830	10453	2,7	0,4	2,2	
	2009	23383	10706	2,7	0,4	2,2	
	2010	23936	10959	2,7	0,5	2,3	2,7
	2011	24489	11213	2,7	0,5	2,3	

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
139	2008	55007	4318	3,2	0,5	2,7	3,3
	2009	56340	4423	3,3	0,6	2,7	
	2010	57673	4528	3,3	0,6	2,7	
	2011	59006	4632	3,3	0,6	2,8	
142	2008	30417	0	1,0	0,3	0,7	1,0
	2009	31154	0	1,0	0,3	0,7	
	2010	31891	0	1,0	0,3	0,7	
	2011	32628	0	1,0	0,3	0,7	
155	2008	65255	11927	3,7	0,6	3,1	3,7
	2009	66836	12216	3,7	0,6	3,1	
	2010	68417	12505	3,8	0,6	3,1	
	2011	69998	12794	3,8	0,6	3,2	
156	2008	23682	10864	3,1	0,5	2,6	3,1
	2009	24256	11128	3,1	0,5	2,6	
	2010	24830	11391	3,1	0,5	2,7	
	2011	25404	11654	3,1	0,5	2,7	
160	2008	20341	12441	2,9	0,4	2,5	3,0
	2009	20834	12742	3,0	0,4	2,5	
	2010	21326	13044	3,0	0,4	2,6	
	2011	21819	13345	3,0	0,4	2,6	
172	2008	12801	3239	1,4	0,3	1,0	1,4
	2009	13111	3317	1,4	0,4	1,0	
	2010	13421	3396	1,4	0,4	1,0	
	2011	13731	3474	1,4	0,4	1,0	
178	2008	26458	6460	2,7	0,5	2,2	2,7
	2009	27099	6617	2,7	0,5	2,2	
	2010	27741	6773	2,7	0,5	2,3	

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
195	2011	28382	6930	2,7	0,5	2,3	3,2
	2008	24967	15645	3,2	0,5	2,7	
	2009	25572	16024	3,2	0,5	2,7	
	2010	26177	16404	3,2	0,5	2,8	
	2011	26782	16783	3,3	0,5	2,8	
210	2008	51786	15440	3,5	0,6	2,9	3,6
	2009	53040	15814	3,5	0,6	2,9	
	2010	54295	16188	3,6	0,6	3,0	
	2011	55550	16562	3,6	0,6	3,0	
211	2008	22277	20118	3,1	0,5	2,7	3,2
	2009	22817	20605	3,2	0,5	2,7	
	2010	23357	21093	3,2	0,5	2,7	
	2011	23896	21580	3,2	0,5	2,8	
212	2008	53739	0	1,7	0,3	1,4	1,7
	2009	55041	0	1,7	0,3	1,4	
	2010	56343	0	1,7	0,3	1,4	
	2011	57646	0	1,7	0,3	1,4	
227	2008	35941	11627	3,5	0,5	3,0	3,5
	2009	36812	11909	3,5	0,5	3,0	
	2010	37682	12190	3,5	0,5	3,0	
	2011	38553	12472	3,6	0,5	3,1	
228	2008	23391	0	1,0	0,2	0,8	1,0
	2009	23958	0	1,0	0,2	0,8	
	2010	24524	0	1,0	0,2	0,8	
	2011	25091	0	1,0	0,3	0,8	
259	2008	21763	3427	2,4	0,4	2,0	2,4
	2009	22290	3510	2,4	0,4	2,0	

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
	2010	22818	3593	2,4	0,4	2,0	
	2011	23345	3676	2,5	0,4	2,1	
270	2008	19895	14360	3,0	0,4	2,5	3,0
	2009	20377	14708	3,0	0,4	2,5	
	2010	20859	15056	3,0	0,4	2,6	
	2011	21341	15404	3,0	0,4	2,6	
274	2008	26725	22866	2,0	0,5	1,5	2,0
	2009	27373	23420	2,0	0,5	1,5	
	2010	28020	23974	2,0	0,5	1,5	
	2011	28668	24528	2,0	0,5	1,5	
280	2008	6718	4908	1,3	0,3	1,0	1,3
	2009	6881	5027	1,3	0,3	1,0	
	2010	7044	5146	1,3	0,3	1,0	
	2011	7207	5265	1,3	0,3	1,0	
282	2008	35986	1936	2,7	0,5	2,2	2,7
	2009	36858	1983	2,7	0,5	2,2	
	2010	37730	2030	2,7	0,5	2,3	
	2011	38602	2077	2,8	0,5	2,3	
286	2008	12441	0	0,7	0,2	0,5	0,7
	2009	12742	0	0,7	0,2	0,5	
	2010	13044	0	0,7	0,2	0,5	
	2011	13345	0	0,7	0,2	0,5	
296	2008	52293	4980	3,7	0,5	3,1	3,7
	2009	53560	5101	3,7	0,5	3,1	
	2010	54827	5222	3,7	0,6	3,2	
	2011	56094	5342	3,8	0,6	3,2	
302	2008	14394	9254	2,6	0,4	2,2	2,6

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
	2009	14743	9478	2,6	0,4	2,2	
	2010	15092	9702	2,6	0,4	2,3	
	2011	15441	9926	2,7	0,4	2,3	
315	2008	29526	0	0,9	0,3	0,7	
	2009	30241	0	1,0	0,3	0,7	1,0
	2010	30957	0	1,0	0,3	0,7	
	2011	31672	0	1,0	0,3	0,7	
333	2008	21613	191	2,2	0,3	1,9	
	2009	22137	195	2,2	0,3	1,9	2,2
	2010	22661	200	2,2	0,3	1,9	
	2011	23184	205	2,2	0,3	1,9	
345	2008	24656	0	0,9	0,3	0,6	
	2009	25254	0	0,9	0,3	0,7	0,9
	2010	25851	0	0,9	0,3	0,7	
	2011	26449	0	0,9	0,3	0,7	
347	2008	41303	3932	3,3	0,5	2,8	
	2009	42303	4027	3,4	0,5	2,9	3,4
	2010	43304	4122	3,4	0,5	2,9	
	2011	44305	4218	3,4	0,5	2,9	
349	2008	7920	0	0,7	0,2	0,5	
	2009	8112	0	0,7	0,2	0,5	0,7
	2010	8304	0	0,7	0,2	0,6	
	2011	8496	0	0,7	0,2	0,6	
359	2008	13400	11139	2,3	0,4	1,9	
	2009	13725	11408	2,3	0,4	1,9	2,3
	2010	14050	11678	2,3	0,4	1,9	
	2011	14375	11948	2,3	0,4	1,9	

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
362	2008	6420	5931	2,0	0,3	1,7	2,0
	2009	6576	6075	2,0	0,3	1,7	
	2010	6731	6219	2,0	0,3	1,7	
	2011	6887	6363	2,0	0,3	1,7	
378	2008	5398	0	0,6	0,2	0,5	0,6
	2009	5529	0	0,6	0,2	0,5	
	2010	5659	0	0,7	0,2	0,5	
	2011	5790	0	0,7	0,2	0,5	
401	2008	24745	514	2,5	0,4	2,1	2,5
	2009	25344	527	2,5	0,4	2,1	
	2010	25944	539	2,5	0,4	2,1	
	2011	26543	551	2,5	0,4	2,1	
406	2008	6443	4473	1,3	0,3	1,0	1,3
	2009	6599	4581	1,3	0,3	1,0	
	2010	6755	4689	1,3	0,3	1,0	
	2011	6912	4798	1,3	0,3	1,0	
422	2008	31418	6047	3,2	0,5	2,7	3,2
	2009	32180	6194	3,2	0,5	2,7	
	2010	32941	6340	3,2	0,5	2,8	
	2011	33702	6487	3,3	0,5	2,8	
464	2008	4284	2553	1,1	0,2	0,8	1,1
	2009	4388	2615	1,1	0,2	0,8	
	2010	4492	2677	1,1	0,3	0,9	
	2011	4595	2739	1,1	0,3	0,9	
492	2008	57201	6340	3,8	0,6	3,3	3,9
	2009	58587	6494	3,9	0,6	3,3	
	2010	59973	6648	3,9	0,6	3,3	

Interseção nº	Ano	TMDA		Frequência média de acidentes prevista através de FPA (total)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (M/F)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA (ADM)	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos (total)
		Principal	Secundário				
513	2011	61359	6801	3,9	0,6	3,4	3,3
	2008	24693	18661	3,2	0,5	2,8	
	2009	25292	19113	3,3	0,5	2,8	
	2010	25890	19566	3,3	0,5	2,8	
	2011	26488	20018	3,3	0,5	2,8	
636	2008	32559	14531	3,4	0,5	2,9	3,5
	2009	33348	14884	3,5	0,5	3,0	
	2010	34137	15236	3,5	0,5	3,0	
	2011	34926	15588	3,5	0,5	3,0	
721	2008	42913	20483	3,8	0,6	3,3	3,9
	2009	43953	20979	3,9	0,6	3,3	
	2010	44992	21475	3,9	0,6	3,3	
	2011	46032	21972	3,9	0,6	3,4	

Neste capítulo, constituiu-se um menor grupo de interseções ao qual foram aplicados 11 dos 13 métodos de avaliação de desempenho contemplados no HSM. Foram também apresentados os principais dados necessários para a aplicação dos mesmos.

4.2.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES EQUIVALENTE APENAS A DANOS MATERIAIS (EADM)

Com a aplicação deste método, o que se pretende é uma equivalência dos acidentes com vítimas a acidentes com danos materiais, aplicando os fatores de ponderação. Esta equivalência permite estabelecer uma comparação entre as interseções através de um valor correspondente a uma pontuação de equivalência a danos materiais.

Para demonstrar a aplicação foi utilizada a interseção número 10 para a ilustração dos cálculos. Os cálculos realizados para esta interseção foram também realizados para o conjunto total das interseções e assim poder concluir no quadro da classificação.

Passo 1: Calcular os fatores de ponderação de equivalência apenas a danos materiais (EADM)

Como já foi referido, na apresentação do método para o cálculo deste fator são necessários os custos de acidente (CA)¹⁸ por gravidade assim como a aplicação da equação (3.1).

No presente trabalho, após pesquisa bibliográfica não foi possível obter o custo por acidente com danos materiais, impossibilitando a aplicação deste método com valores de custos portugueses. Os valores encontrados assentam no custo por acidente com morto, por acidente com ferido grave, e por acidente com ferido ligeiro. Estes dados foram observados no documento de Arlindo Alegre Donário e Ricardo Borges dos Santos onde os custos por acidente são referentes ao ano 2010 [27]. De salientar ainda que esta medida de desempenho pode ser comprometida com as dificuldades existentes em classificar corretamente uma vítima quanto ao seu estado de gravidade.

Assim como não foi possível obter os valores correspondentes a cada custo de acidente, utilizaram-se os custos de acidentes disponibilizados pelo HSM. Esta consideração condiciona muito a fiabilidade do resultado uma vez que são custos por acidentes de outro país. Optou-se por não converter o custo de dólares para euros devido ao ano a que se referem os custos, e porque a determinação do custo de acidente por gravidade está inteiramente ligado a vários fatores exclusivos de cada país. De qualquer forma, estes valores servem para calcular os “pesos” e como tal a unidade monetária não tem influência no resultado final deste método.

De seguida é demonstrado o cálculo do fator de ponderação relativo a acidentes com vítimas mortais.

$$f_{K(peso)} = \frac{CA_K}{CA_{ADM}} = \frac{4008900}{7400} = 542$$

Aplicando esta equação mas com o custo de acidente com vítimas obtêm-se o fator de ponderação correspondente. No quadro seguinte (quadro 4.7) apresentaram-se os valores dos fatores de ponderação utilizados. O fator de ponderação correspondente a danos materiais vale um, pois é o ponto de referência.

Quadro 4.7: Fatores de ponderação correspondente a cada gravidade.

Gravidade	Fator de ponderação $f_{y(peso)}$
Morto (K)	542
Feridos (A/B/C)	11
ADM (O)	1

Passo 2: Calcular a pontuação de equivalência apenas a danos materiais (EADM)

Para calcular esta pontuação é necessário para cada interseção separar o número de acidentes em que ocorreram vítimas mortais, onde ocorreram feridos e onde se verificaram danos materiais. Na contagem dos acidentes observados, quando se registou no mesmo acidente um morto e ferido, considerou-se o acidente segundo a maior gravidade, ou seja, se no mesmo acidente registou-se mortos e feridos esse acidente entra para a contagem de acidentes com mortos. A falta de informação sobre as vítimas em termos de gravidade em alguns acidentes registados como acidentes com vítimas, implicou a não contabilização dos mesmos. No Anexo VI é possível encontrar o quadro com a discriminação dos acidentes por gravidade para cada interseção.

Organizada esta informação, prossegue-se o cálculo da pontuação EADM através da equação (3.2).

¹⁸ *Crash Cost*, em inglês;

O cálculo que se segue corresponde ao cálculo da pontuação EADM da interseção 10. Sendo o mesmo cálculo para as restantes.

$$\begin{aligned}
 \text{Pontuação EADM}_{10} &= \\
 &= f_K(\text{peso})(N_{\text{observado},10(M)}) + f_{A,B,C}(\text{peso})(N_{\text{observado},10(F)}) \\
 &+ f_O(\text{peso})(N_{\text{observado},10(ADM)}) = (542 \times 0) + (11 \times 2) + (1 \times 28) = 50
 \end{aligned}$$

Passo 3: Classificação dos locais.

Calculada a pontuação de cada interseção, no quadro seguinte apresenta-se a ordenação das interseções e respetivas pontuações para obter a classificação das mesmas.

Quadro 4.8: Classificação das interseções segundo a pontuação EADM.

Interseção nº	Pontuação EADM
349	596
27	576
359	571
1	124
315	114
464	106
227	102
134	102
211	101
228	99
77	91
142	82
636	80
401	79
210	77
98	77
362	72
178	72
492	70
18	70
6	66
125	65

Interseção nº	Pontuação EADM
135	65
30	61
155	56
23	55
132	55
259	53
274	53
10	50
347	48
270	47
78	45
302	44
345	42
406	42
139	41
95	40
282	40
513	40
63	39
280	37
378	37
22	36
84	34
296	32
156	30
106	27
160	25
333	23
212	22
12	22
422	21

Interseção nº	Pontuação EADM
28	20
286	20
721	20
15	19
67	19
172	11
195	10

4.2.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO PREVISTO DA FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES - MÉTODO DOS MOMENTOS

Com a aplicação do método dos momentos aos registros de acidentes das interseções estudadas, determinou-se a frequência de acidentes observada ajustada de cada interseção. Este ajustamento tem por base a variância dos dados de acidentes e a frequência média de acidentes observada da população de referência onde se insere a interseção. Através da diferença entre a frequência ajustada de cada interseção e a frequência média de acidentes da respetiva população de referência calculou-se o potencial de melhoria (PM). O potencial de melhoria (PM) obtido para cada interseção permitiu perceber quais interseções beneficiam mais com uma possível medida. O PM joga, apenas, com as características dos locais e os acidentes observados, o objetivo do método não é propor uma medida de tratamento, mas sim perceber quais interseções que têm mais potencial para diminuir a sinistralidade através de uma intervenção.

Antes de iniciar a aplicação do método, foi necessário organizar as interseções em populações de referência. Este passo foi realizado no capítulo 4.2.2.1. Também pode ser consultado o capítulo 3.1. onde, foram descritos os critérios gerais para efetuar uma organização deste género.

De seguida, prosseguiu-se para o cálculo da frequência média de acidentes para cada grupo de referência. Quando necessário recorreu-se a população de referência PD/P e a interseção 10 para mostrar os cálculos efetuados.

Passo 1: Calcular frequência média de acidentes para cada população de referência.

Para calcular a frequência média de acidentes da população de referência PD/P, primeiro foram determinadas as frequências médias anuais de acidentes observadas em cada interseção. Estes valores foram apresentados no capítulo 4.2.2.1, nos quadros 4.2 e 4.3. Depois de calculada a frequência média anual de acidentes observada para todas as interseções, realizou-se o seu somatório. A frequência média de acidentes para a população de referência PD/P é calculada pela divisão do somatório das frequências pelo número de interseções constituintes do grupo, equação (3.15).

$$N_{observado,PD/P} = \frac{\sum_{i=1}^{42} N_{observado,i}}{n_{interseções}} = \frac{79,8}{18} = 4,4 \text{ [acidentes/ano]}$$

Este passo foi repetido para o grupo de referência SL. No quadro 4.9 foram apresentadas as frequências médias de acidentes de cada população de referência.

Quadro 4.9: Frequência média de acidentes de cada população de referência.

População de referência	Frequência média de acidentes
	$N_{observado,y}$ [acidentes/ano]
SL	4,2
PD/P	4,4

Passo 2: Calcular a variância da frequência de acidentes para cada população de referência.

Através da equação (3.16) foi calculada a variância de cada população de referência. Em alternativa, podia ter sido utilizada a fórmula “VAR” presente no programa Excell.

O cálculo que se segue corresponde à variância da frequência de acidentes da população de referência PD/P.

$$Var(N) = \frac{\sum_{i=1}^{42} (N_{observado,i} - N_{observado,PD/P})^2}{n_{interseções} - 1} = \frac{63,6}{4118 - 1} = 3,7$$

No quadro 4.10 apresentaram-se as respetivas variâncias.

Quadro 4.10: Variância da frequência média de acidentes, população de referência.

População de referência	Variância da frequência de acidentes
SL	2,9
PD/P	3,7

Passo 3: Calcular a frequência de acidentes observada ajustada para cada interseção.

Para determinar a frequência de acidentes observada ajustada de cada interseção recorreu-se à equação (3.17). O cálculo exposto corresponde a frequência ajustada da interseção 10.

$$\begin{aligned} N_{observado,10(ajust.)} &= \\ &= N_{observado,10} + \frac{N_{observado,PD/P}}{Var(N)} \times (N_{observado,PD/P} - N_{observado,10}) \\ &= 7,8 + \frac{4,4}{3,7} \times (4,4 - 7,8) = 3,8 \text{ [acidentes/ano]} \end{aligned}$$

Este passo foi repetido para os 2 conjuntos de interseções.

Passo 4: Calcular o potencial de melhoria (PM) para cada interseção.

O PM de cada interseção foi calculado como a diferença entre a frequência média de acidentes observada ajustada e a frequência média de acidentes da população de referência correspondente, equação (3.18).

$$PM_{10} = N_{observado,10(ajust.)} - N_{observado,PD/P} = 3,8 - 4,4 = -0,6 \text{ [acidentes/ano]}$$

Como nos passos anteriores, também este passo foi reproduzido para as restantes interseções.

Passo 5: Classificação dos locais.

Determinados todos os PMs, organizaram-se as interseções por ordem decrescente do seu valor PM correspondente. É possível obter valores negativos do PM, indicando que a interseção tem um fraco potencial para reduzir a frequência de acidentes.

Quadro 4.11: Classificação das interseções de acordo com o PM.

Interseção nº	Frequência média de acidentes observada [acidentes/ano]	Frequência de acidentes observada ajustada [acidentes/ano]	Potencial de melhoria [acidentes/ano]
15	2,5	4,9	0,8
63	2,5	4,9	0,8
67	2,5	4,9	0,8
95	2,5	4,9	0,8
156	2,5	4,9	0,8
195	2,5	4,9	0,8
282	2,5	4,9	0,8
359	2,5	4,9	0,8
513	2,5	4,9	0,8
721	2,5	4,9	0,8
139	2,8	4,8	0,6
362	2,8	4,8	0,6
422	2,8	4,8	0,6
212	3,0	4,7	0,5
296	3,0	4,7	0,5
333	3,3	4,6	0,4
28	2,5	4,8	0,4
286	2,5	4,8	0,4
142	2,8	4,7	0,3
172	2,8	4,7	0,3
132	3,5	4,5	0,3
302	3,5	4,5	0,3
274	3,0	4,7	0,3
315	3,0	4,7	0,3

Interseção nº	Frequência média de acidentes observada [acidentes/ano]	Frequência de acidentes observada ajustada [acidentes/ano]	Potencial de melhoria [acidentes/ano]
345	3,0	4,7	0,3
406	3,0	4,7	0,3
27	3,8	4,3	0,2
84	3,8	4,3	0,2
125	3,8	4,3	0,2
155	3,8	4,3	0,2
160	3,8	4,3	0,2
349	3,8	4,3	0,2
23	3,5	4,6	0,2
78	3,8	4,6	0,1
280	4,3	4,5	0,0
378	4,3	4,5	0,0
106	4,3	4,1	0,0
210	4,3	4,1	0,0
270	4,3	4,1	0,0
347	4,5	4,0	-0,2
401	4,5	4,0	-0,2
12	5,5	4,2	-0,2
636	4,8	3,9	-0,3
464	6,3	4,1	-0,3
30	5,0	3,8	-0,4
211	5,0	3,8	-0,4
492	5,0	3,8	-0,4
228	7,0	4,0	-0,5
227	5,3	3,7	-0,5
18	7,5	3,9	-0,6
77	7,5	3,9	-0,6
10	7,8	3,8	-0,6
1	5,8	3,4	-0,7
259	5,8	3,4	-0,7

Interseção nº	Frequência média de acidentes observada [acidentes/ano]	Frequência de acidentes observada ajustada [acidentes/ano]	Potencial de melhoria [acidentes/ano]
135	6,0	3,3	-0,8
6	6,5	3,1	-1,1
98	7,3	2,8	-1,4
134	7,8	2,5	-1,6
178	8,0	2,4	-1,7
22	9,0	2,0	-2,2

4.2.5. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROBABILIDADE DE TIPOS ESPECÍFICOS DE ACIDENTES EXCEDEREM UMA PERCENTAGEM LIMITE

Aplicando este método foi possível identificar as interseções nas quais a probabilidade de acidente do tipo colisão excede a percentagem limite, ou seja, excede a percentagem de ocorrência em interseções de características semelhantes. Assim, foram identificadas, através da classificação, as interseções mais críticas em termos de acidentes por colisão.

Os grupos de populações de referência considerados foram apresentados no subcapítulo 4.2.2. onde, também, foram expostos todos os dados necessários das interseções para a aplicação do método. Estes dados são referentes às 60 interseções identificadas como de maior risco e constituintes do segundo grupo de aplicação dos métodos.

Para demonstrar a aplicação, e tal como no método anterior, foi utilizada a interseção número 10. Os cálculos realizados para esta interseção são repetidos para o restante conjunto de interseções.

Passo 1: Calcular a percentagem observada.

No presente trabalho, considerou-se um tipo de acidente para calcular a percentagem. Esta escolha resulta do facto de se tirar melhor proveito da informação recolhida, com o propósito de avaliar melhor o risco existente em cada interseção. Neste caso, ao considerar um tipo de gravidade os resultados podiam ser enviesados, pois apenas se verificaram 3 acidentes com vítimas mortais e 272 com feridos (graves e ligeiros), os restantes 788 foram acidentes de danos materiais, além do facto decorrido do registo dos mortos não estar de acordo com a classificação internacional de morto a “30 dias”. Com esta escolha pensou-se conseguir uma melhor caracterização de cada interseção. Devido à incerteza do tipo de colisão, pois alguns acidentes foram registados como colisão, sem especificar o tipo de colisão (traseira, lateral ou frontal), foi assumido a tipologia de acidente mais utilizada nos registos em Portugal, isto é, colisão, despiste, atropelamento e outros. Após observação de cada população de referência, constatou-se que de facto, os acidentes classificados unicamente como colisão representam o maior número (dos 912 acidentes registados com os vários tipos de colisão, 526 correspondem a acidentes de colisão) relativamente aos acidentes em que é especificado o tipo de colisão, justificando-se, por isso, o critério escolhido.

Depois de assumir o tipo de acidente a ser considerado, acidente por colisão, procedeu-se ao cálculo da percentagem de “colisão” observada em cada interseção, com recurso à equação (3.3). É de notar que, para calcular esta percentagem, é necessário que na interseção tenham ocorrido pelo menos 2

acidentes do tipo considerado. Todas as interseções apresentam mais de 2 acidentes, por isso todas foram consideradas.

$$p_{10} = \frac{N_{observado,10}}{N_{observado,10(total)}} = \frac{29}{31} = 0,935$$

A percentagem de “colisão” observada na interseção 10 foi de 0,935 pois o tipo de acidente escolhido, nesta interseção, apresenta uma frequência alta.

No próximo quadro (quadro 4.12) apresentaram-se os valores da percentagem de colisão observada, p_i , em cada interseção, da população de referência PD/P.

Quadro 4.12: Percentagem de “colisão” observada nas interseções da população de referência PD/P.

Interseção nº	Nº de acidentes c/ colisão	Nº total de acidentes	p_i
10	29	31	0,935
12	22	22	1,000
18	22	30	0,733
23	13	14	0,929
28	9	10	0,900
77	29	30	0,967
78	10	15	0,667
142	10	11	0,909
172	11	11	1,000
228	26	28	0,929
274	6	12	0,500
280	16	17	0,941
286	8	10	0,800
315	7	12	0,583
345	10	12	0,833
378	15	17	0,882
406	10	12	0,833
464	24	25	0,960

Determinada a percentagem de colisão observada de cada interseção, para os 2 grupos de referência, segue-se o passo 2.

Passo 2: Estimar percentagem limite.

Neste passo foi calculada a percentagem de colisão da respetiva população de referência, através da equação (3.4). A demonstração do cálculo foi realizada para a população de referência “interseções de prioridade à direita e prioritárias”, onde está inserida a interseção 10, de modo a sequenciar os cálculos. Este passo foi repetido para o outro grupo.

$$p_{PD/P}^* = \frac{\sum N_{Observado,i}}{\sum N_{Observado,i(total)}} = \frac{277}{319} = 0,868$$

No quadro 4.13 podem ser consultadas as percentagens limite de “colisão” em cada grupo de referência.

Quadro 4.13: Percentagem limite de “colisão” estimada de cada população de referência.

População de referência	Nº de acidentes c/ colisão	Nº total de acidentes	p_y^*
SL	635	699	0,908
PD/P	277	319	0,868

Passo 3: Calcular variância.

A variância foi calculada para cada subcategoria, ou seja, cada população de referência, recorrendo à equação (3.5). O cálculo seguinte corresponde à variância de população de referência PD/P.

$$\begin{aligned} Var(N) &= \left(\frac{1}{n_{interseções} - 1} \right) \times \\ &\times \left[\sum_{i=1}^{18} \left(\frac{N_{Observado,i}^2 - N_{Observado,i}}{N_{Observado,i(total)}^2 - N_{Observado,i(total)}} \right) - \left(\frac{1}{n_{interseções}} \right) \times \right. \\ &\left. \times \left(\sum_{i=1}^{18} \frac{N_{Observado,i}}{N_{Observado,i(total)}} \right)^2 \right] = \left(\frac{1}{18 - 1} \right) \times \left[13,207 - \left(\frac{1}{18} \right) \times 15,302^2 \right] = 0,012 \end{aligned}$$

No quadro 4.14 apresentaram-se os valores da variância referente a cada grupo de referência.

Quadro 4.14: Variância dos 2 grupos referência.

População de referência	Variância
SL	0,004
PD/P	0,012

Passo 4: Calcular parâmetros alfa e beta.

Para o cálculo dos parâmetros α e β , primeiro foi necessário determinar a percentagem média de colisão das populações de referência.

$$\overline{p}_{PD/P}^* = \frac{\sum p_i}{n_{interseções}} = \frac{15,302}{18} = 0,850$$

Quadro 4.15: Valores da percentagem média de cada população de referência.

População de referência	$\sum p_i$	$n_{interseções}$	\overline{p}_y^*
SL	37,555	42	0,894
PD/P	15,302	18	0,850

Através das equações (3.7) e (3.8) apresentadas no subcapítulo 3.2.1.5., obtiveram-se os parâmetros α e β de cada grupo de referência.

$$\alpha = \frac{\overline{p}_{PD/P}^*{}^2 - \overline{p}_{PD/P}^*{}^3 - s^2(\overline{p}_{PD/P}^*)}{Var(N)} = \frac{0,850^2 - 0,850^3 - 0,012 \times 0,850}{0,012} = 8,177$$

$$\beta = \frac{\alpha}{\overline{p}_{PD/P}^*} - \alpha = \frac{8,177}{0,850} - 8,177 = 1,442$$

No quadro 4.16 foram apresentados os valores de α e β determinados para cada população de referência, repetindo o procedimento exposto.

Quadro 4.16: Valores de α e β de cada população de referência.

População de referência	s^2	\overline{p}_y^*	α	β
SL	0,004	0,894	22,562	2,670
PD/P	0,012	0,850	8,177	1,442

Passo 5: Calcular a probabilidade.

A probabilidade de cada interseção foi calculada através da equação (3.9), a qual utiliza a função “DISTBETA” do Excell. Esta função retorna a função de densidade de probabilidade beta cumulativa, e usa como argumentos a percentagem limite, a percentagem observada, o número de acidentes de “colisão” observado na interseção, o número total de acidentes ocorridos na interseção, e também os parâmetros α e β .

$$p\left(\frac{p_{10} > \overline{p}_{PD/P}^*}{N_{observado,10}, N_{observado,10} (total)}\right) = 1 - DISTBETA(\overline{p}_{PD/P}^*, \alpha + N_{observado,10}, \beta + N_{observado,10} (total) - N_{observado,10}) = 1 - DISTBETA(0,868; 8,177 + 29; 1,442 + 31 - 29) = 0,861$$

De seguida, apresentou-se o quadro 4.17 para ilustrar os dados necessários e também as probabilidades de cada interseção da população de referência PD/P.

Quadro 4.17: Probabilidade de cada interseção exceder a percentagem limite da população de referência PD/P.

População de Referência PD/P	Acidentes de colisão $N_{observado,i}$	Total de acidentes $N_{observado,i(total)}$	p_i	p_y^*	α	β	Probabilidade
10	29	31	0,935				0,861
12	22	22	1,000				0,968
18	22	30	0,733				0,041
23	13	14	0,929				0,723
28	9	10	0,900				0,605
77	29	30	0,967				0,946
78	10	15	0,667				0,052
142	10	11	0,909				0,638
172	11	11	1,000				0,870
228	26	28	0,929	0,868	8,177	1,442	0,819
274	6	12	0,500				0,007
280	16	17	0,941				0,792
286	8	10	0,800				0,340
315	7	12	0,583				0,027
345	10	12	0,833				0,410
378	15	17	0,882				0,571
406	10	12	0,833				0,410
464	24	25	0,960				0,908

O resultado da probabilidade obtida para a interseção 10 permite concluir que existe 86,1% de hipótese da percentagem de colisão esperada a longo prazo, nesta interseção, ser maior que a percentagem esperada a longo prazo da população de referência.

Perante interseções onde a probabilidade se revela baixa, por exemplo a interseção 349 onde a probabilidade obtida é 0,185, significa que existe 18,5% de probabilidade daquela interseção exceder a percentagem esperada a longo prazo em relação a interseções de características semelhantes. Com isto, conclui-se que, concretamente esta interseção (número 349), não necessita de estudos direcionados a acidente do tipo “colisão”.

Passo 6: Classificação dos locais.

No último passo deste método, classificaram-se todas as interseções segundo a probabilidade calculada.

Quadro 4.18: Classificação das interseções de acordo com a probabilidade do acidente de “colisão” exceder a percentagem limite da população de referência.

Interseção nº	Probabilidade
12	0,968
22	0,946
77	0,946
134	0,923
464	0,908
172	0,870
259	0,867
10	0,861
636	0,826
228	0,819
401	0,814
106	0,802
210	0,802
280	0,792
27	0,775
84	0,775
6	0,746
23	0,723
135	0,718
422	0,713
156	0,695
195	0,695
178	0,655
142	0,638
347	0,619
98	0,608
28	0,605
378	0,571
333	0,522
1	0,503

Interseção nº	Probabilidade
212	0,501
15	0,458
67	0,458
95	0,458
359	0,458
721	0,458
30	0,446
345	0,410
406	0,410
270	0,388
125	0,349
160	0,349
286	0,340
132	0,330
302	0,330
139	0,272
492	0,264
63	0,253
282	0,253
155	0,185
349	0,185
227	0,147
513	0,118
211	0,061
296	0,060
78	0,052
18	0,041
315	0,027
362	0,019
274	0,007

4.2.6. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO DE PORCENTAGEM DE TIPOS ESPECÍFICOS DE ACIDENTES

O resultado proveniente da aplicação deste método permite, sobre o grupo selecionado, identificar quais interseções devem ser intervencionadas devido a acidentes do tipo colisão e para quais é possível obter maior proveito com a intervenção.

Antes de iniciar o procedimento, foi feita uma comparação entre as probabilidades da percentagem observada de cada interseção com as percentagens limites da respetiva população de referência, com o intuito de obter as interseções possíveis para a aplicação do método. Da primeira condição, resultaram 2 interseções no grupo SL e 4 no grupo PD/P. As percentagens limites calculadas de cada população de referência apresentam valores elevados, o que implicou uma grande restrição do grupo.

Depois de observar a probabilidade de cada interseção, admitiu-se para a população de referência SL um limite de 0,90, e para o grupo de referência PD/P foi também de 0,9. Como já foi referido, este valor é flexível e depende da pessoa que realiza a aplicação do método, assim como do objetivo da análise. Se o utilizador pretende restringir o grupo devido a questões económicas ou porque pretende encontrar as interseções mais críticas devem ser usados limites altos, senão podem ser mais baixos, desde que respeite a primeira condição. Com a imposição do limite inferior para a probabilidade de 0,9, uma das interseções selecionadas foi excluída pois apresentava uma probabilidade inferior a 0,9. Assim prosseguiu-se a aplicação, para o cálculo do excesso de percentagem para as 5 interseções obtidas.

Para demonstrar os cálculos foi utilizada a interseção 22. Devido às condições impostas, a interseção 10 foi excluída da aplicação deste método, o que não permitiu a continuação do uso da mesma na ilustração dos cálculos.

Passo 6: Calcular o excesso de percentagem.

De seguida, calculou-se o excesso de percentagem da interseção 22, conforme a equação (3.10).

$$p_{dif\ 22} = p_{22} - p_{SL}^* = 1,000 - 0,908 = 0,092$$

Passo 7: Classificação dos locais.

Neste passo, foram classificadas as interseções por ordem decrescente do valor p_{dif} . No quadro 4.19 foi apresentada a classificação obtida de acordo com o excesso de percentagem.

Quadro 4.19: Classificação das interseções de acordo com o excesso de percentagem.

Interseção nº	Excesso de percentagem p_{dif}
12	0,132
77	0,099
22	0,092
134	0,092
464	0,092

Quanto maior a diferença entre a percentagem observada e a percentagem limite, ou seja, quanto maior o valor do excesso de percentagem, maior é a probabilidade de ao selecionar esse local (de p_{dif} alto), o mesmo beneficiar de uma medida custo/ benefício para o tipo ou gravidade considerado.

Como se pode verificar pelo quadro 4.19, a interseção 12 foi o local classificado no topo da lista com o valor de excesso de percentagem mais alto. Assim pode concluir-se que ao realizar uma intervenção devido a acidentes do tipo colisão, a interseção escolhida para essa intervenção deveria ser a interseção 12, pois é a interseção que tirará melhor proveito da intervenção.

4.2.7. APLICAÇÃO DO MÉTODO TAXA DE ACIDENTES

Com a aplicação deste método, obteve-se a taxa de acidentes de cada interseção para o período considerado. Com o valor da taxa de acidentes as interseções foram classificadas por ordem decrescente, de modo a perceber quais interseções apresentam as taxas mais elevadas.

Para entender melhor como aplicar e quais os critérios necessários, foi utilizada a interseção 10 para demonstrar os cálculos, e deste modo servir de exemplo. Os cálculos foram, igualmente, realizados para as restantes interseções.

Passo 1: Calcular o MEV para cada interseção.

Antes de calcular o MEV, calculou-se o TEV de cada interseção. No presente trabalho, para a determinação do TEV considerou-se a soma do TMDA principal e secundário, dos 4 anos de análise, presentes no capítulo 4.2.2.3. Em alternativa, o TEV pode ser determinado através da descrição feita na abordagem do método (capítulo 3.2.2.1).

De seguida, calculou-se o MEV com recurso à equação (3.11). Na realização deste cálculo, devido à consideração feita na determinação do TEV (valores do TMDA dos 4 anos), não se multiplicou o valor por n , o número de anos do período de estudo, pois já foi considerado no TEV. Assim, ilustrou-se o cálculo do MEV para a interseção 10.

$$MEV_{10} = \frac{TEV_{10}}{1.000.000} \times (365) = \frac{142.736}{1.000.000} \times 365 = 52,1$$

Passo 2: Calcular a taxa de acidentes para cada interseção.

Após calcular o MEV para todas as interseções, determinou-se a taxa de acidentes correspondente através da equação (3.12).

$$R_{10} = \frac{N_{observado,10} (total)}{MEV_{10}} = \frac{31}{52,1} = 0,60 \text{ [acidentes/MEV]}$$

Passo 3: Classificação dos locais.

Por último, efetuou-se a classificação das interseções com base na taxa de acidentes calculada para cada local, quadro 4.20.

Quadro 4.20: Classificação das interseções de acordo com a taxa de acidentes.

Interseção nº	R_i [acidentes/MEV]
77	4,38
464	2,42
378	2,08
18	1,61
349	1,25
134	1,00
280	0,97
228	0,79
406	0,73
178	0,64
259	0,60
10	0,60
362	0,59
78	0,58
286	0,53
98	0,52
22	0,48
135	0,48
401	0,47
172	0,45
1	0,44
6	0,42
333	0,39
302	0,39
12	0,37
106	0,36
23	0,35
30	0,35
63	0,33
270	0,33

Interseção nº	R_i [acidentes/MEV]
95	0,32
345	0,32
211	0,31
160	0,30
15	0,30
227	0,29
84	0,29
359	0,27
315	0,27
636	0,27
347	0,26
125	0,25
132	0,25
282	0,24
142	0,24
27	0,21
492	0,21
422	0,19
156	0,19
28	0,18
210	0,17
195	0,16
274	0,16
513	0,15
212	0,15
296	0,14
155	0,13
139	0,12
721	0,10
67	0,10

É de referir, a título de curiosidade, que este método foi também realizado como sugere o HSM, utilizando os valores TMDA principal e secundário apenas do primeiro ano de análise. No cálculo do MEV multiplicou-se o valor por n (4 anos de análise). Com esta consideração, constatou-se que os valores obtidos da taxa de acidentes eram superiores aos apresentados, ou seja, os valores calculados com o TEV do TMDA principal e secundário, de 2008 a 2011, conduzem a valores inferiores para a taxa de acidentes.

4.2.8. APLICAÇÃO DO MÉTODO TAXA CRÍTICA DE ACIDENTES

Neste método foi obtida a taxa crítica de acidentes de cada interseção. Este valor é único para cada interseção e permite uma comparação relativa entre interseções de características semelhantes. Também através da comparação entre as 2 taxas (crítica e normal) de cada interseção é possível perceber quais locais excedem a sua taxa crítica, e assim selecionar esses locais para um estudo mais profundo.

Antes de iniciar o procedimento, foi necessário estabelecer as populações de referência. Esta informação foi apresentada no capítulo 4.2.2.1. E também, definir o nível de confiança desejado. De exemplo, na aplicação do método, o HSM utilizou o valor correspondente a um nível de confiança de 95%. No presente trabalho, admitiu-se igualmente esse valor. Assim, o nível de confiança desejado representou 95%, o que se traduz num valor de $P=1,645$. Há quem aplique o nível de confiança desejado no fim, ou seja quando se obtem o resultado pretendido. O HSM apresenta o procedimento de forma a ter-se em consideração o nível de confiança desejado.

Para a determinação da taxa crítica de acidentes foram utilizados os mesmos valores do TEV, MEV e taxa de acidentes de cada interseção, determinados nos passos 1 e 2 do método anterior. Posto isto, o procedimento iniciou-se no passo 3.

Analogamente aos outros métodos, foi utilizada a interseção 10 para ilustrar os cálculos.

Passo 3: Calcular a taxa média ponderada de acidentes para cada população.

Depois de determinados os valores TEV e MEV de cada interseção, seguiu-se o cálculo da taxa média ponderada de acidentes de cada população de referência. Como a interseção 10 insere-se no grupo de referência PD/P, o cálculo seguinte refere-se a taxa média ponderada de acidentes da população de referência PD/P.

$$R_{a,PD/P} = \frac{\sum_{i=1}^{18}(TEV_i \times R_i)}{\sum_{i=1}^{18} TEV_i} = \frac{873.973}{1.620.160} = 0,539$$

Esta equação, foi também utilizada para calcular a taxa média ponderada de acidentes para o outro grupo de referência. No quadro seguinte (quadro 4.21) apresentaram-se as taxas respetivas de cada grupo.

Quadro 4.21: Taxa média ponderada de acidentes de cada população de referência.

População de referência	Taxa média ponderada $R_{a,y}$
SL	0,285
PD/P	0,539

Passo 4: Calcular a taxa crítica de acidentes para cada interseção.

Para determinar a taxa crítica de cada interseção recorreu-se a equação (3.14). A taxa crítica apresentada corresponde à taxa crítica de acidentes, com base nos 4 anos de análise, da interseção 10.

$$R_{c,10} = R_{a,PD/P} + \left[P \times \sqrt{\frac{R_{a,PD/P}}{MEV_{10}}} \right] + \left[\frac{1}{(2 \times MEV_{10})} \right] =$$

$$= 0,539 + \left[1,645 \times \sqrt{\frac{0,539}{52,1}} \right] + \left[\frac{1}{(2 \times 52,1)} \right] = 0,72 \text{ [acidentes/MEV]}$$

Passo 5: Comparar a taxa de acidentes observada com a taxa crítica de acidentes.

No último passo deste método, foi feita uma comparação entre a taxa de acidentes observada e taxa crítica de acidentes para cada interseção. Qualquer interseção com uma taxa de acidentes observada maior que a correspondente taxa crítica deveram ser marcadas para uma análise futura mais profunda.

No quadro 4.22 apresentaram-se as interseções e respetivas taxas.

Quadro 4.22: Comparação da taxa de acidentes com a taxa crítica, calculadas para cada interseção.

Interseção nº	Taxa de acidentes	Taxa crítica de acidentes	$R_i > R_{c,i}$
	R_i [acidentes/MEV]	$R_{c,i}$ [acidentes/MEV]	
1	0,444	0,417	x
6	0,419	0,405	x
10	0,595	0,716	
12	0,371	0,705	
15	0,299	0,452	
18	1,612	0,846	x
22	0,484	0,394	x
23	0,355	0,744	
27	0,208	0,396	
28	0,182	0,711	
30	0,345	0,409	
63	0,334	0,463	
67	0,099	0,378	
77	4,383	1,074	x
78	0,578	0,796	
84	0,291	0,417	
95	0,322	0,459	
98	0,520	0,412	x

Interseção nº	Taxa de acidentes	Taxa crítica de acidentes	$R_i > R_{c,i}$
	R_i [acidentes/MEV]	$R_{c,i}$ [acidentes/MEV]	
106	0,358	0,423	
125	0,255	0,408	
132	0,251	0,412	
134	1,004	0,460	x
135	0,477	0,419	x
139	0,123	0,384	
142	0,239	0,728	
155	0,128	0,371	
156	0,191	0,416	
160	0,302	0,420	
172	0,453	0,805	
178	0,642	0,420	x
195	0,163	0,406	
210	0,167	0,377	
211	0,312	0,403	
212	0,148	0,389	
227	0,292	0,396	
228	0,791	0,757	x
259	0,603	0,441	x
270	0,328	0,417	
274	0,160	0,686	
280	0,966	0,856	x
282	0,241	0,434	
286	0,531	0,844	
296	0,138	0,385	
302	0,391	0,446	
315	0,269	0,731	
333	0,394	0,453	
345	0,322	0,751	
347	0,263	0,399	

Interseção nº	Taxa de acidentes R_i [acidentes/MEV]	Taxa crítica de acidentes $R_{c,i}$ [acidentes/MEV]	$R_i > R_{c,i}$
349	1,252	0,581	x
359	0,269	0,443	
362	0,589	0,515	x
378	2,081	1,023	x
401	0,471	0,441	x
406	0,727	0,867	
422	0,194	0,411	
464	2,417	0,963	x
492	0,208	0,380	
513	0,152	0,401	
636	0,267	0,396	
721	0,104	0,380	

Através do quadro 4.22, e como resultado da aplicação do método taxa crítica de acidentes constatou-se que 17 interseções apresentaram uma taxa de acidentes superior a taxa crítica correspondente. Assim pode concluir-se, com base nos 4 anos de análise, da amostra selecionada 17 locais necessitam de uma análise mais detalhada, com o intuito de melhorá-las.

4.2.9. APLICAÇÃO DO MÉTODO NÍVEL DE SERVIÇO DE SEGURANÇA (NSS)

Neste método cada interseção é classificada de acordo com as 4 categorias NSS, com base no valor da diferença entre a frequência média de acidentes observada em cada interseção e a frequência média de acidentes prevista para a respetiva população de referência.

O primeiro passo realizado foi a organização das interseções em populações de referência e de seguida estimou-se a frequência média de acidentes prevista através da FPA para cada interseção. A organização das interseções está presente na secção 4.2.2.1., e aplicação da FPA foi apresentada no subcapítulo 4.2.2.3.

Os valores utilizados nos cálculos são valores determinados para a interseção 10. Com esta representação específica pensa-se que será mais fácil demonstrar os cálculos, bem como a própria aplicação do método.

Tendo a informação toda organizada e disponível para iniciar a aplicação procedeu-se ao cálculo do desvio padrão.

Passo 1: Calcular o desvio padrão.

Para calcular o desvio padrão, utilizou-se a equação (3.19) onde, o $N_{previsto}$ corresponde à frequência média dos 4 anos de acidentes, obtida através da FPA.

$$\sigma_{10} = \sqrt{k N_{previsto,10}^2} = \sqrt{0,5 \times 2,0^2} = 1,4$$

Este cálculo foi realizado para as interseções constituintes dos grupos de referência SL e PD/P. No quadro 4.23 apresentaram-se os respetivos valores de cada interseção do grupo de referência PD/P.

Quadro 4.23: Desvio padrão de cada interseção do grupo de referência PD/P.

População de referência Interseções PD/P				
Interseção nº	Frequência média de acidentes observada	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos	k	Desvio padrão
10	7,75	2,0	0,5	1,4
12	5,5	1,9		1,4
18	7,5	1,3		0,9
23	3,5	1,8		1,3
28	2,5	2,1		1,5
77	7,5	0,9		0,7
78	3,75	1,4		1,0
142	2,75	1,0		0,7
172	2,75	1,4		1,0
228	7	1,0		0,7
274	3	2,0		1,4
280	4,25	1,3		0,9
286	2,5	0,7		0,5
315	3	1,0		0,7
345	3	0,9		0,6
378	4,25	0,6		0,5
406	3	1,3		0,9
464	6,25	1,1		0,8

Passo 2: Calcular os limites das categorias NSS.

Para identificar a categoria a que cada interseção pertencia, compararam-se as frequências médias de acidentes observada e prevista em cada interseção. Deste modo foi possível perceber a qual intervalo pertencia cada interseção, através da frequência média de acidentes observada. O conjunto de intervalos derivaram das condições limitativas de cada categoria NSS.

Posto isto, foram calculados os limites das 4 categorias NSS para cada interseção. As condições que estabelecem estes intervalos podem ser encontradas no quadro 3.3, secção 3.2.3.1. Para demonstrar o cálculo foram expostos os limites de cada categoria para a interseção 10, apresentado no quadro (4.24).

Quadro 4.24: Limites da categorias NSS para a interseção 10.

Interseção nº	Intervalo 1ª categoria	Intervalo 2ª categoria	Intervalo 3ª categoria	Intervalo 4ª categoria
10	<-0,1	[-0,1; 2,0[	[2,0; 4,1[	≥ 4,1

A determinação dos limites foi feita para todas as interseções com objetivo de as classificar com a categoria correspondente.

Passo 3: Comparar os acidentes observados com os limites das categorias NSS.

Após comparação da frequência média de acidentes observada na interseção 10, $N_{observado} = 7,8$, com os limites das categorias, constatou-se que esta interseção se insere na 4ª categoria. Este procedimento foi efetuado para o conjunto das interseções SL e PD/P.

No quadro 4.25 foi exposta a informação necessária para fazer a comparação do grupo de referência PD/P, bem como a respetiva categoria para cada interseção.

Quadro 4.25: Atribuição da categoria a cada interseção do grupo de referência PD/P.

Interseção nº	Frequência média de acidentes observada	Intervalo 1ª categoria	Intervalo 2ª categoria	Intervalo 3ª categoria	Intervalo 4ª categoria	Categoria
10	7,8	< -0,1	[-0,1; 2,0[	[2,0; 4,1[	≥ 4,1	IV
12	5,5	< -0,1	[-0,1; 1,9[	[1,9; 3,9[	≥ 3,9	IV
18	7,5	< -0,1	[-0,1; 1,3[	[1,3; 2,7[	≥ 2,7	IV
23	3,5	< -0,1	[-0,1; 1,8[	[1,8; 3,8[	≥ 3,8	III
28	2,5	< -0,1	[-0,1; 2,1[	[2,1; 4,4[	≥ 4,4	III
77	7,5	< -0,1	[-0,1; 0,9[	[0,9; 1,9[	≥ 1,9	IV
78	3,8	< -0,1	[-0,1; 1,4[	[1,4; 2,9[	≥ 2,9	IV
142	2,8	< -0,1	[-0,1; 1,0[	[1,0; 2,0[	≥ 2,0	IV
172	2,8	< -0,1	[-0,1; 1,4[	[1,4; 2,8[	≥ 2,8	IV
228	7,0	< -0,1	[-0,1; 1,0[	[1,0; 2,1[	≥ 2,8	IV
274	3,0	< -0,1	[-0,1; 2,0[	[2,0; 4,1[	≥ 4,1	III
280	4,3	< -0,1	[-0,1; 1,3[	[1,3; 2,7[	≥ 2,7	IV
286	2,5	< -0,1	[-0,1; 0,7[	[0,7; 1,5[	≥ 1,5	IV
315	3,0	< -0,1	[-0,1; 1,0[	[1,0; 2,0[	≥ 2,0	IV

Interseção n°	Frequência média de acidentes observada	Intervalo 1ª categoria	Intervalo 2ª categoria	Intervalo 3ª categoria	Intervalo 4ª categoria	Categoria
345	3,0	< -0,1	[-0,1; 0,9[	[0,9; 1,9[	≥ 1,9	IV
378	4,3	< -0,1	[-0,1; 0,6[	[0,6; 1,3[	≥ 1,3	IV
406	3,0	< -0,1	[-0,1; 1,3[	[1,3; 2,7[	≥ 2,7	IV
464	6,3	< -0,1	[-0,1; 1,1[	[1,1; 2,3[	≥ 2,3	IV

Passo 4: Classificação dos locais.

Depois de comparar a frequência média de acidentes observada com os intervalos das categorias, foi atribuída a cada interseção uma categoria NSS.

Para a classificação final das interseções foi tida em conta a categoria atribuída a cada interseção. A classificação passou pela ordenação por ordem decrescente das interseções de cada população de referência de acordo com a categoria.

No quadro 4.26 apresentaram-se as classificações ordenadas das populações de referência SL e PD/P, respetivamente.

Quadro 4.26: Classificação das interseções em cada população de referência de acordo com a categoria NSS.

População de referência SL		População de referência PD/P	
Interseção n°	Categoria	Interseção n°	Categoria
1	IV	10	IV
22	IV	12	IV
98	IV	18	IV
134	IV	77	IV
135	IV	78	IV
178	IV	142	IV
259	IV	228	IV
349	IV	280	IV
6	III	286	IV
15	III	315	IV
27	III	345	IV
30	III	378	IV
63	III	406	IV
84	III	464	IV
95	III	172	IV

População de referência SL	
Interseção nº	Categoria
106	III
125	III
132	III
155	III
160	III
210	III
211	III
212	III
227	III
270	III
302	III
333	III
347	III
359	III
362	III
401	III
492	III
636	III
67	II
139	II
156	II
195	II
282	II
296	II
422	II
513	II
721	II

População de referência PD/P	
Interseção nº	Categoria
23	III
28	III
274	III

4.2.10. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO PREVISTO DA FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES – FPAS

Com a aplicação deste método obteve-se o excesso previsto da frequência média de acidentes de todas as interseções. O excesso previsto consiste na diferença entre as frequências observada e prevista em

termos de total de acidentes, também podia ter sido determinado em termos de gravidade ou um tipo de acidente. No presente trabalho determinou-se o excesso previsto apenas com base na frequência média prevista do total de acidentes .

Os efeitos do fenómeno regresso-à-média podem estar presentes nos resultados, o que representa uma grande desvantagem para as conclusões a retirar após aplicação do método.

Este método estabelece que a aplicação seja feita em populações de referência, para tal foram utilizadas as populações de referência estabelecidas no ponto 4.2.2.1.

Para a obtenção do valor excesso previsto foi necessário estimar as frequências médias de acidentes previstas das interseções consideradas. Esta estimativa foi realizada através da aplicação de uma FPA, apresentada no capítulo 4.2.2.3. onde se apresentaram também os respetivos valores das frequências.

Passo 1: Calcular o excesso previsto da frequência média de acidentes.

Para calcular o excesso previsto da frequência média de acidentes utilizou-se a equação (3.20). O excesso foi calculado através da subtração da frequência média prevista à frequência média de acidentes observada, e pode ser positivo ou negativo. De exemplo, foi exposto cálculo do excesso previsto da interseção 10.

$$Excess (N)_{10} = \overline{N_{observado,10}} - \overline{N_{previsto,10}} = 7,8 - 2,0 = 5,8 \text{ [acidentes/ano]}$$

Para a determinação do excesso previsto das restantes interseções foi concretizado o mesmo raciocínio. No quadro 4.27, apresentaram-se as frequências médias de acidentes observada e prevista, bem como o valor do excesso previsto obtido para o grupo de referência PD/P.

Quadro 4.27: Excesso previsto da frequência média de acidentes nas interseções da população de referência PD/P.

Interseção nº	Frequência média de acidentes observada [acidentes/ano]	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos [acidentes/ano]	Excesso previsto [acidentes/ano]
10	7,8	2,0	5,8
12	5,5	1,9	3,6
18	7,5	1,3	6,2
23	3,5	1,8	1,7
28	2,5	2,1	0,4
77	7,5	0,9	6,6
78	3,8	1,4	2,3
142	2,8	1,0	1,8
172	2,8	1,4	1,4
228	7,0	1,0	6,0
274	3,0	2,0	1,0

Interseção nº	Frequência média de acidentes observada [acidentes/ano]	Frequência média de acidentes prevista através de FPA - 4 anos [acidentes/ano]	Excesso previsto [acidentes/ano]
280	4,3	1,3	2,9
286	2,5	0,7	1,8
315	3,0	1,0	2,0
345	3,0	0,9	2,1
378	4,3	0,6	3,6
406	3,0	1,3	1,7
464	6,3	1,1	5,2

Obtidos os excessos previstos de cada interseção dos 2 grupos de referência foi efetuada a classificação das interseções.

Passo 2: Classificação dos locais.

Para a classificação das interseções em cada população de referência considerou-se como critério de ordenação o valor do excesso previsto calculado. O sinal (positivo ou negativo) do excesso previsto indica se ocorrem mais ou menos, respetivamente, acidentes do que o previsto na interseção, isto é, para a interseção 10 obteve-se um excesso de 5,8 [acidentes/ano], isto significa que por ano ocorrem mais 5,8 acidentes que o previsto. Na interseção 721 calculou-se um excesso de -1,4, o que se traduz na ocorrência por ano de menos 1,4 acidentes que o previsto.

No quadro seguinte (quadro 4.28) apresentaram-se as classificações das interseções de acordo com o valor do excesso previsto.

Quadro 4.28: Classificação das interseções de acordo com o excesso previsto, segundo as populações de referência.

População de referência SL		População de referência PD/P	
Interseção nº	Excesso previsto	Interseção nº	Excesso previsto
134	5,6	77	6,6
22	5,4	18	6,2
178	5,3	228	6,0
98	4,1	10	5,8
259	3,3	464	5,2
135	3,3	378	3,6
6	3,2	12	3,6
1	3,2	280	2,9

População de referência SL	
Interseção nº	Excesso previsto
349	3,0
401	2,0
27	1,9
30	1,8
211	1,8
227	1,7
212	1,3
636	1,3
270	1,2
106	1,2
132	1,2
63	1,2
492	1,1
347	1,1
333	1,0
125	0,9
302	0,9
84	0,8
160	0,8
362	0,8
210	0,7
95	0,3
359	0,2
155	0,0
15	0,0
282	-0,2
422	-0,5
139	-0,5
156	-0,6
296	-0,7

População de referência PD/P	
Interseção nº	Excesso previsto
78	2,3
345	2,1
315	2,0
142	1,8
286	1,8
406	1,7
23	1,7
172	1,4
274	1,0
28	0,4

População de referência SL	
Interseção nº	Excesso previsto
195	-0,7
513	-0,8
67	-0,9
721	-1,4

Comparando os 2 grupos de referência, a grande diferença constatada foi que no segundo grupo (PD/P) nenhuma interseção apresentou um valor negativo do excesso previsto, querendo isto dizer, que em todas as interseções de prioridade à direita e prioritárias consideradas neste estudo ocorrem mais acidentes por ano que o previsto, segundo este método.

4.2.11. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES ESPERADA - MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES (EB)

A aplicação do método EB com as frequências médias de acidentes observada e prevista permitiu determinar a frequência média de acidentes esperada para cada interseção. O ponto forte deste método é a consideração do fenómeno regresso-à-média.

Antes de iniciar qualquer passo, foi preciso estimar a frequência de acidentes prevista para cada interseção. A frequência de acidentes prevista pode ser estimada relativamente ao número total de acidentes ou ao número de acidentes com gravidade, ou ambos. Para aplicação do método EB considerou-se número total de acidentes e também o número de acidentes com vítimas para estimar as frequências esperadas respetivas. Esta estimativa foi apresentada no capítulo 4.2.2.3 onde, através de uma FPA foram obtidas as frequências de acidentes previstas (total e M/F) para cada interseção.

Com a informação necessária toda reunida, iniciou-se a aplicação. Assim, de seguida foram determinados os fatores de correção anual total e de M/F da interseção 10.

Passo 1: Calcular o fator de correção anual.

O primeiro passo consistiu no cálculo do fator de correção anual total e M/F de cada interseção, através da equação (3.21). A demonstração corresponde aos fatores de correção da interseção 10.

$$C_{1,(total) 10} = \frac{N_{previsto,1,(total) 10}}{N_{previsto,1,(total) 10}} = \frac{2,0}{2,0} = 1,00 \text{ e } C_{1,(M/F) 10} = \frac{N_{previsto,1,(M/F) 10}}{N_{previsto,1,(M/F) 10}} = \frac{0,4}{0,4} = 1,00$$

$$C_{2,(total) 10} = \frac{N_{previsto,2,(total) 10}}{N_{previsto,1,(total) 10}} = \frac{2,0}{2,0} = 1,01 \text{ e } C_{2,(M/F) 10} = \frac{N_{previsto,1,(M/F) 10}}{N_{previsto,1,(M/F) 10}} = \frac{0,4}{0,4} = 1,01$$

$$C_{3,(total) 10} = \frac{N_{previsto,3,(total) 10}}{N_{previsto,1,(total) 10}} = \frac{2,0}{2,0} = 1,02 \text{ e } C_{3,(M/F) 10} = \frac{N_{previsto,1,(M/F) 10}}{N_{previsto,1,(M/F) 10}} = \frac{0,4}{0,4} = 1,02$$

$$C_{4,(total) 10} = \frac{N_{previsto,4,(total) 10}}{N_{previsto,1,(total) 10}} = \frac{2,0}{2,0} = 1,03 \text{ e } C_{4,(M/F) 10} = \frac{N_{previsto,1,(M/F) 10}}{N_{previsto,1,(M/F) 10}} = \frac{0,4}{0,4} = 1,03$$

Este cálculo foi repetido para as restantes interseções. Os valores das frequências previstas são bastante próximas de ano para ano, devido há pouca variação dos TMDAs ao longo do período considerado, e por isso, os fatores de correção anuais calculados foram sempre igual a 1.

Passo 2: Calcular o ajustamento ponderado.

De seguida, determinaram-se os valores de w_{total} e $w_{M/F}$, correspondentes ao ajustamento ponderado para o total de acidentes e para os acidentes previstos com vítimas, respetivamente. Estes valores foram determinados para cada interseção. Para este cálculo foi necessário o parâmetro de sobredispersão, k , da FPA associada. Este parâmetro, $k_{(total)}$, tem o valor de 0,50 para a estimativa da frequência prevista referente ao total de acidentes, com um nível de confiança de 100%. Para a estimativa da frequência de acidentes com vítimas prevista, o $k_{(M/F)}$ tem o valor de 0,67 com um nível de confiança de aproximadamente 100%.

O cálculo seguinte, corresponde à determinação do w_{total} e $w_{M/F}$ da interseção 10.

$$w_{(total),10} = \frac{1}{1 + k_{(total)} \times \sum_{n=1}^4 N_{previsto,n,(total) 10}} = \frac{1}{1 + 0,5 \times 8,0} = 0,2$$

e

$$w_{(M/F),10} = \frac{1}{1 + k_{(M/F)} \times \sum_{n=1}^4 N_{previsto,n,(M/F) 10}} = \frac{1}{1 + 0,67 \times 1,8} = 0,5$$

Obtidos estes valores para todas as interseções, prosseguiu-se para o cálculo da frequência média esperada (total e com vítimas) para o primeiro ano com o ajustamento EB de cada interseção estudada.

Passo 3: Calcular a frequência média esperada com ajustamento EB do primeiro ano.

Para determinar a frequência média esperada (total de acidentes e acidentes com vítimas) utilizaram-se as equações (3.24) e (3.25), respetivamente. O próximo cálculo, aplicado à interseção 10, mostra como calcular as 2 frequências esperadas com o ajustamento EB para o primeiro ano.

$$\begin{aligned} N_{esperado,1,(total) 10} &= \\ &= w_{(total)10} \times N_{previsto,1,(total) 10} + (1 - w_{(total)10}) \times \\ &\times \left(\frac{\sum_{n=1}^4 N_{observado,n,(total) 10}}{\sum_{n=1}^4 C_{n,(total)10}} \right) = 0,2 \times 2,0 + (1 - 0,2) \times \left(\frac{3,1}{4,05} \right) = 6,5 \end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned} N_{esperado,1,(M/F) 10} &= \\ &= w_{(M/F)10} \times N_{previsto,1,(M/F) 10} + (1 - w_{(M/F)10}) \times \left(\frac{\sum_{n=1}^4 N_{observado,n,(M/F) 10}}{\sum_{n=1}^4 C_{n,(M/F)10}} \right) \\ &= 0,5 \times 0,4 + (1 - 0,5) \times \left(\frac{2}{4,05} \right) = 0,5 \end{aligned}$$

Passo 4: Calcular a frequência média esperada com ajustamento EB, para o último ano.

Para calcular as frequências esperadas do último ano recorreu-se às equações (3.26) e (3.27).

$$N_{esperado,4(total),10} = N_{esperado,1(total),10} \times C_{4(total),10} = 6,5 \times 1,03 = 6,7$$

e

$$N_{esperado,4(M/F),10} = N_{esperado,1(M/F),10} \times C_{4(M/F),10} = 0,5 \times 1,03 = 0,5$$

Este passo foi repetido para as interseções dos 2 grupos de referência. No quadro 4.29, podem ser consultados os valores das frequências esperadas (total de acidentes, acidentes com vítimas e de apenas danos materiais) para o último ano de análise, obtidos para as interseções da população de referência PD/P.

Quadro 4.29: Frequências esperadas da aplicação do método EB, da população de referência PD/P.

Interseção nº	Total de acidentes			Acidentes com vítimas			Acidentes ADM
	$N_{E,1(total)}$	$C_{4(total)}$	$N_{E,4(total)}$	$N_{E,1(M/F)}$	$C_{4(M/F)}$	$N_{E,4(M/F)}$	$N_{E,4(ADM)}$
10	6,5	1,03	6,7	0,5	1,03	0,5	6,2
12	4,7	1,03	4,8	0,2	1,03	0,2	4,6
18	5,7	1,03	5,9	0,6	1,03	0,6	5,3
23	3,1	1,03	3,2	0,7	1,03	0,7	2,5
28	2,4	1,03	2,5	0,3	1,03	0,4	2,1
77	5,2	1,03	5,3	0,7	1,03	0,7	4,6
78	3,1	1,03	3,2	0,5	1,03	0,6	2,6
142	2,1	1,02	2,2	0,9	1,02	0,9	1,3
172	2,4	1,03	2,4	0,2	1,03	0,2	2,2
228	5,0	1,02	5,1	0,8	1,02	0,9	4,2
274	2,8	1,03	2,8	0,8	1,03	0,8	2,0
280	3,4	1,03	3,5	0,4	1,03	0,4	3,1
286	1,8	1,02	1,8	0,2	1,02	0,2	1,6
315	2,3	1,02	2,3	1,2	1,02	1,2	1,1
345	2,2	1,02	2,3	0,4	1,02	0,5	1,8
378	2,7	1,02	2,7	0,3	1,02	0,3	2,4
406	2,5	1,03	2,6	0,5	1,03	0,5	2,1
464	4,6	1,03	4,7	0,9	1,03	1,0	3,7

O passo seguinte, como já foi referido, é opcional. No presente trabalho este passo foi considerado pois pretende-se mostrar como se aplica, e caso surjam dúvidas pode ser futuramente consultado para esclarecer o cálculo.

Passo 5: (Opcional) Calcular a variância da frequência média esperada ajustada com EB do último ano.

Para calcular a variância de cada frequência média de acidentes esperada ajustada com EB para o último ano de análise das várias interseções utilizou-se a equação (3.28).

$$\begin{aligned} Var(N_{esperado,A(total)},10) &= N_{esperado,A(total),10} \times (1 - w_{(total)10}) \times \frac{C_{4(total),10}}{\sum_{n=1}^4 C_{n(total),10}} = \\ &= 6,7 \times (1 - 0,2) \times \frac{1,03}{4,05} = 1,35 \end{aligned}$$

Passo 6: Classificação dos locais.

As interseções foram classificadas dentro das populações de referência com base na frequência média de acidentes esperada total ajustada com o método EB do último ano de análise (2011), correspondente ao passo 4.

Quadro 4.30: Classificação das interseções de acordo com a frequência média de acidentes esperada para o último ano de análise, segundo populações de referência.

População de referência SL		População de referência PD/P	
Interseção nº	Frequência média de acidentes esperada para o último ano	Interseção nº	Frequência média de acidentes esperada para o último ano
22	8,4	10	6,7
178	7,3	18	5,9
134	6,8	77	5,3
98	6,8	228	5,1
6	6,2	12	4,8
135	5,6	464	4,7
1	5,3	280	3,5
259	5,3	23	3,2
227	5,1	78	3,2
492	4,9	274	2,8
211	4,8	378	2,7
30	4,8	406	2,6
636	4,7	28	2,5
347	4,4	172	2,4
210	4,2	315	2,3
401	4,2	345	2,3
106	4,1	142	2,2
270	4,1	286	1,8

População de referência SL	
Interseção nº	Frequência média de acidentes esperada para o último ano
155	3,8
160	3,7
84	3,7
125	3,7
302	3,4
27	3,4
132	3,3
296	3,1
333	3,1
139	2,9
422	2,9
212	2,7
721	2,7
67	2,6
513	2,6
195	2,6
362	2,6
156	2,6
282	2,6
349	2,5
15	2,5
359	2,5
95	2,5
63	2,2

4.2.12. APLICAÇÃO DO MÉTODO FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES EQUIVALENTE APENAS A DANOS MATERIAIS (EADM) - MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES (EB)

Com a aplicação do método EB ao procedimento EADM, pretendeu-se obter a frequência média de acidentes esperada EADM. Para obter esta frequência esperada é utilizada a frequência esperada ADM e também a frequência esperada com vítimas multiplicada pelo ajustamento ponderado EADM, e

assim obter a equivalência do número de acidentes esperado com vítimas em acidentes de apenas danos materiais (EADM).

Os fatores de ponderação calculados no método EADM (capítulo 4.2.3) foram utilizados em conjunto com a percentagem observada de forma a obter o ajustamento ponderado (EADM), $w_{(EADM)}$.

Antes de iniciar o método foi necessário reunir a informação já determinada e a qual era precisa para a aplicação. Os primeiros dados a serem recolhidos foram os fatores de ponderação calculados através do custo social dos acidentes por gravidade. Estes fatores foram apresentados no quadro seguinte (quadro 4.31).

Quadro 4.31: Fatores de ponderação correspondente a cada gravidade.

Gravidade	Fator de ponderação f_y (peso)
Morto (K)	542
Feridos (A/B/C)	11
ADM (O)	1

De seguida, obtiveram-se as frequências médias de acidentes esperadas determinadas com a aplicação do método EB. Portanto, para este método foi igualmente necessário estabelecer populações de referência. Para calcular estas frequências foi imprescindível obter as frequências médias de acidentes previstas pela FPA, apresentadas na secção 4.2.2.3. Qualquer dúvida no estabelecimento destes dados necessários sugere-se a consulta dos respetivos capítulos.

Tendo conhecimento dos fatores de ponderação de gravidade e as frequências esperadas (total, vítimas e ADM) pelo método EB, iniciou-se a concreta aplicação deste método que utiliza como medida de desempenho a frequência média de acidentes equivalente apenas a danos materiais. Com isto, o método teve início no cálculo da percentagem de acidentes com vítimas e acidentes com feridos.

Passo 1: Calcular a percentagem de acidentes com vítimas mortais e feridos.

Com recurso às equações (3.29) e (3.30) foram determinadas as respetivas percentagens de acidentes com vítimas mortais e de acidentes com feridos de cada população de referência e sem contabilizar os acidentes ADM. A informação do número de acidentes por gravidade utilizada foi a mesma utilizada no método EADM, presente no Anexo VI.

As percentagens demonstradas no cálculo a seguir caracterizam a população de referência PD/P.

$$P_{M,PD/P} = \frac{\sum N_{observado,(M)}}{\sum N_{observado,(M/F)}} = \frac{0}{67} = 0$$

e

$$P_{F,PD/P} = \frac{\sum N_{observado,(F)}}{\sum N_{observado,(M/F)}} = \frac{67}{67} = 1$$

E assim, foram também calculadas as percentagens do grupo de referência SL. No quadro 4.32 podem ser observadas as diferentes percentagens.

Quadro 4.32: Percentagem de vítimas mortais e feridos em cada população de referência.

População de referência	$\sum N_{observado,(M)}$	$\sum N_{observado,(F)}$	$\sum N_{observado,(M/F)}$	$P_{M,y}$	$P_{F,y}$
SL	3	145	148	0,02	0,98
PD/P	0	67	67	0	1

Passo 2: Calcular o fator de ponderação dos acidentes com vítimas mortais e feridos.

Através da equação (3.31) calculou-se o ajustamento ponderado EADM para cada população de referência. O exemplo apresentado corresponde ao grupo PD/P.

$$w_{EADM,MF,PD/P} = P_{M,PD/P} \times f_{k(peso)} + P_{F,PD/P} \times f_{A/B/C(peso)} = 0 \times 542 + 1 \times 11 = 11$$

No quadro 4.33 apresentaram-se os ajustamentos EADM calculados.

Quadro 4.33: Ajustamento ponderado de cada população de referência.

População de referência	$w_{EADM,MF,y}$
SL	21,9
PD/P	11,2

Passo 3: Calcular a frequência média de acidentes esperada EADM para o último ano.

Neste passo foi calculada a frequência média de acidentes esperada EADM para o último ano, em cada interseção, através da soma entre a frequência média de acidentes esperada ADM (último ano) e a frequência média de acidentes esperada com mortos e feridos (último ano) afetada do ajustamento ponderado correspondente, conforme a equação (3.32).

Para demonstrar o cálculo, foi exposta a frequência esperada EADM na interseção 10 para o último ano.

$$\begin{aligned} N_{esperado,A(EADM),10} &= N_{esperado,A(ADM),10} + w_{EADM,MF,PD/P} \times N_{esperado,A(M/F),10} = \\ &= 6,2 + 11,2 \times 0,5 = 11,6 \end{aligned}$$

Calculada a frequência esperada EADM para as interseções de cada grupo de referência, seguiu-se o passo final deste método, a classificação através do valor da frequência esperada EADM para o último ano.

Passo 4: Classificação dos locais.

A classificação das interseções consistiu na ordenação por ordem decrescente dos mesmos tendo em conta a frequência média de acidentes esperada EADM para o último ano. No quadro 4.34 apresentaram-se as classificações obtidas inseridas em cada grupo de referência.

Quadro 4.34: Classificação das interseções de acordo com a frequência média de acidentes esperada para o último ano de análise, segundo populações de referência.

População de referência SL		População de referência PD/P	
Interseção nº	Frequência média de acidentes esperada 4º ano (EADM)	Interseção nº	Frequência média de acidentes esperada 4º ano (EADM)
1	37,9	315	14,6
227	34,4	464	14,5
211	32,8	228	13,8
134	29,0	77	12,4
210	28,5	18	12,2
636	27,6	10	11,6
492	25,8	142	11,3
98	25,7	274	10,9
401	24,2	23	10,6
178	23,3	78	8,9
125	23,0	406	7,6
6	22,6	280	7,5
155	22,0	12	7,0
135	21,5	345	6,9
30	20,9	28	6,0
362	20,2	378	5,4
132	20,0	172	4,3
347	18,1	286	4,1
259	17,8		
139	17,1		
270	17,0		
513	16,0		
282	15,7		
302	15,6		
359	14,6		
296	14,1		
27	14,1		

População de referência SL	
Interseção nº	Frequência média de acidentes esperada 4º ano (EADM)
95	13,8
349	13,7
84	13,6
22	13,1
156	12,8
63	11,4
106	11,3
160	10,8
721	10,7
67	10,5
422	10,3
333	9,4
15	9,1
212	8,8
195	7,1

4.2.13. APLICAÇÃO DO MÉTODO EXCESSO ESPERADO DA FREQUÊNCIA MÉDIA DE ACIDENTES - MÉTODO EMPÍRICO DE BAYES (EB)

Através das frequências esperadas (ajustamento EB) e das frequências previstas (pela FPA) foi calculado o excesso esperado de cada interseção. O excesso esperado conjuga os excessos esperados da frequência de acidentes ADM e da frequência de acidentes M/F. Posteriormente, a classificação foi feita com base no valor do excesso esperado da frequência média de acidentes calculada para cada interseção. Esta medida não permite a classificação de todas as interseções, tendo que ser feita em populações de referência.

Para iniciar o cálculo do excesso esperado, antes demais foi necessário organizar as interseções em populações de referência. Este passo foi anteriormente descrito e pode ser consultado na secção 4.2.2.1.

De seguida, foi necessário estimar as frequências esperadas, as quais não são estimadas sem calcular primeiro as frequências previstas através da aplicação de uma FPA. A determinação das frequências previstas foi abordada na secção 4.2.2.3. As frequências esperadas foram obtidas com a aplicação do método EB, subcapítulo 4.2.11.

Estabelecidos estes passos e reunida a informação necessária prosseguiu-se com método para o cálculo do excesso esperado.

Passo 1: Calcular o excesso esperado da frequência média de acidentes.

O excesso anual esperado em cada interseção foi determinado através da soma dos excessos anuais esperados da frequência ADM e da frequência M/F, conforme ilustra a equação (3.33). Uma vez que os valores anuais das frequências previstas variam pouco, e por vezes até são iguais, no presente trabalho apenas foi calculado o excesso esperado para o último ano.

Com o próximo cálculo pretendeu-se demonstrar a realização deste passo, o resultado representa o excesso esperado para o último ano (2011) da interseção 10.

$$\begin{aligned} Excesso_{4,10} &= (N_{esperado,4 (ADM),10} - N_{previsto,4 (ADM),10}) \\ &+ (N_{esperado,4 (M/F),10} - N_{previsto,4 (M/F),10}) = (6,2 - 1,6) + (0,5 - 0,4) = 4,7 \end{aligned}$$

Este cálculo foi repetido para os 2 conjuntos de referência, com o objetivo de determinar o excesso esperado em cada interseção.

O passo que se segue é opcional, e corresponde ao excesso ponderado da gravidade.

Passo 2: (Opcional) Calcular o excesso ponderado com a gravidade.

O excesso ponderado da gravidade dos acidentes é calculado de maneira muito semelhante ao excesso calculado no passo anterior. A diferença reside na afetação de cada parcela do excesso ADM e do excesso M/F pelos respectivos custos sociais por acidentes. Em analogia com o método EADM, foram utilizados os valores monetários disponibilizados pelo HSM, presentes no quadro (3.4).

Em rigor os valores a utilizar para os custos sociais deveriam representar à realidade portuguesa e ser referentes ao ano em questão.

Posto isto, de seguida demonstrou-se o excesso ponderado da gravidade da interseção 10 para o último ano de análise.

$$\begin{aligned} Excesso_{(ponderado)4,10} &= \\ &= (N_{esperado,4 (ADM),10} - N_{previsto,4 (ADM),10}) \times CA_{ADM} \\ &+ (N_{esperado,4 (M/F),10} - N_{previsto,4 (M/F),10}) \times CA_{M/F} \\ &= (6,2 - 1,6) \times 7.400 + (0,5 - 0,4) \times 158.200 = 39.227 \text{ dólares} \end{aligned}$$

Passo 3: Classificação dos locais.

A classificação das interseções foi feita com base no valor do excesso esperado calculado no passo 2. Também poderia ter sido realizada de acordo com o valor excesso ponderado. Mas, no presente caso, não se considerou esta hipótese válida uma vez que os valores são desajustados da realidade portuguesa e também não correspondem ao ano para qual foram calculadas as frequências esperadas.

No quadro 4.35 apresentaram-se as classificações obtidas em cada população de referência, através da ordenação por ordem decrescente.

Quadro 4.35: Classificação das interseções de acordo com o valor excesso esperado (2011), segundo populações de referência.

População de referência SL		População de referência PD/P	
Interseção nº	Excesso esperado 4º ano (2011)	Interseção nº	Excesso esperado 4º ano (2011)
22	4,8	10	4,7
134	4,6	18	4,5
178	4,5	77	4,3
98	3,6	228	4,0
6	2,8	464	3,6
135	2,8	12	2,9
259	2,8	280	2,2
1	2,7	378	2,1
349	1,8	78	1,8
401	1,7	345	1,4
30	1,6	315	1,4
211	1,6	23	1,3
227	1,5	406	1,2
27	1,5	142	1,2
636	1,1	286	1,1
270	1,1	172	1,0
106	1,1	274	0,8
132	1,0	28	0,3
492	1,0		
212	1,0		
347	1,0		
63	0,9		
333	0,9		
125	0,8		
302	0,7		
84	0,7		
160	0,7		
210	0,6		

População de referência SL	
Interseção nº	Excesso esperado 4º ano (2011)
362	0,6
95	0,2
359	0,2
155	0,0
15	0,0
282	-0,2
422	-0,4
139	-0,5
156	-0,5
296	-0,6
195	-0,6
513	-0,7
67	-0,8
721	-1,2

4.3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste ponto foi feita uma reflexão sobre as considerações tomadas na aplicação de cada método, os pontos fortes dos mesmos, bem como as suas limitações. Para escolher o número de interseções intervenientes para a conclusão dos resultados assumiu-se analisar 10% das interseções, o que se traduz nas 6 primeiras interseções classificadas. Quando a classificação obtida estava dividida em populações de referência considerou-se as 3 primeiras de cada grupo, obtendo o total de 6 interseções estabelecidas. Deste modo, a seguir descreveu-se em cada método uma análise conclusiva realizada sobre a aplicação dos métodos, e também quais se revelam credíveis para aceitar a classificação obtida, e assim posteriormente numa análise global selecionar, das interseções intervenientes, aquelas com maior potencial de redução da frequência média de acidentes.

Frequência média de acidentes: este método permitiu selecionar um grupo mais pequeno de interseções (963 foram reduzidas para 60). Este método não deve ser utilizado isoladamente quando se pretende concluir sobre locais de acumulação de acidentes nem na perspetiva de selecionar medidas para implementação.

Frequência média de acidentes EADM: Como se referiu, este método afeta as frequências média de acidentes com gravidade (sejam mortos e feridos) pelos fatores de ponderação determinados. Estes fatores de ponderação são obtidos através de razões entre os custos sociais de um acidente por gravidade e o custo por acidente com danos materiais. Como se pode verificar na aplicação do método ao caso do Porto, um dos obstáculos encontrados foi desde logo a disponibilização deste tipo de custos

relativos a Portugal, pois como se disse não foi possível reunir o custo de um acidente com danos materiais, sendo este imprescindível para a determinação dos fatores de ponderação.

A utilização dos valores americanos surgiu como solução que possibilitou a aplicação do método, mas é de refletir nas diferenças significativas presentes e no que isso se traduziu. A estimativa destes custos englobam normalmente várias variáveis como: perdas monetárias associadas à assistência e serviço médico, danos materiais e perda de produtividade, e também custos não monetários relacionados com a redução da qualidade de vida. Em consequência, é normal que os custos da realidade americana sejam bastante divergentes dos custos da realidade portuguesa.

Através da consulta bibliográfica referida anteriormente, verificou-se que os valores observados de custos por acidente com vítima mortal e feridos, em Portugal, diferem significativamente dos custos utilizados, o que se reflete nos fatores de ponderação. Com isto, pode afirmar-se que os fatores de ponderação estão muito sobreestimados quando aplicados ao caso português.

Além do facto da sobreestimação dos fatores há, ainda, um aspeto importante a refletir, o registo concreto do estado da vítima, pois pensa-se que parte dos feridos graves possam ser vítimas mortais nos 30 dias seguintes.

Com isto pode concluir-se que a classificação obtida está muito influenciada pelos fatores de ponderação e pelo não acompanhamento do estado das vítimas. Estes aspetos são determinantes para a posição que as interseções podem alcançar na classificação.

Assim, esta classificação não é confiável para identificar locais de acumulação de acidentes pois as primeiras interseções classificadas foram interseções onde ocorreram 1 acidente com vítimas mortais, independentemente de outras interseções onde tenham ocorrido um elevado número de acidentes com feridos e/ou danos materiais.

As 6 primeiras interseções classificadas foram: 349, 27, 359, 1, 315 e 464.

Excesso da frequência média de acidentes – Método dos Momentos: O ponto forte deste método é o ajustamento realizado sobre a frequência média de acidentes observada. Este ajustamento é feito com base na variância e na frequência média de acidentes da população de referência.

A utilização direta da frequência média de acidentes observada pode proporcionar a presença do fenómeno de regresso-à-média nos resultados, representando a grande desvantagem deste método. Pois podem ser selecionados locais de frequências altas, num curto prazo, mas que a longo prazo o local é caracterizado por uma frequência baixa. Uma solução para esta desvantagem é a utilização de um período de interesse (em anos) adequado para análise.

Outro aspeto a salientar é a definição das populações de referência. A organização foi estabelecida segundo a consideração exclusiva de um só critério (tipo de sinalização). Uma vez que o trabalho desenvolvido foi tentando homogenizar o grupo de interseções a intervir no estudo a consideração de um critério foi aceitável. No entanto, para resultados mais precisos aconselha-se um agrupamento dos locais com maior precisão. Devido a isto, os valores da variância e da frequência média de acidentes da população de referência calculados podem apresentar algum afastamento, podendo apresentar valores superiores em comparação com o possível valor obtido aquando de uma organização mais criteriosa. O que por sua vez se traduz no potencial de melhoria (PM) calculado para cada interseção.

O PM, como o próprio nome indica, exprime o potencial que a interseção tem para melhorar e assim reduzir a frequência média de acidentes, contudo os valores obtidos são muito baixos.

Os aspetos mencionados não inviabilizam a aplicação do método ao caso português, apenas são referidos para numa futura análise serem tidos em consideração com o devido grau de importância, pois estes influenciam totalmente os resultados obtidos.

As 6 primeiras interseções classificadas foram a 15, 63, 67, 95, 156, e 195.

Probabilidade de tipos específicos de acidentes excederem uma percentagem limite: Com este método obteve-se a probabilidade da interseção exceder a percentagem limite de acidentes do tipo “colisão” da população de referência.

Neste método é preciso identificar o tipo de acidente ou gravidade para depois calcular a probabilidade em função do tipo específico considerado. A aplicação deste método é posta à prova desde logo com esta condição. No caso Português, pelo que foi constatado ao longo do desenvolvimento do trabalho, não há rigor em todos os registos de acidentes, o que suscitou a decisão de aglomerar todos os tipos de colisões em colisão. Esta aglomeração traduziu-se em valores mais elevados nas percentagens de ocorrência em cada interseção, bem como nas populações de referência. O facto destes valores serem elevados implica valores para a probabilidade também altos, o que se repercute na dificuldade de diferenciação entre as interseções, com o intuito de identificar locais com uma frequência incomum de um acidente específico.

Também neste método, a organização das interseções em populações de referência influencia a classificação. A medida de classificação baseia-se na probabilidade da percentagem observada na interseção exceder a percentagem limite da população de referência correspondente. Assim uma definição das populações de referência apoiada em mais critérios permitirá obter grupos mais homogêneos, o que se traduz nos parâmetros variância, alfa e beta, e que leva a uma diferenciação entre as interseções mais vincada.

Derivado dos aspetos referidos, conclui-se que a classificação deste método, tal como foi considerado, tem pouca influência na seleção de locais de acumulação de um tipo específico de acidente e como tal os seus resultados perdem importância. Contudo, mencionam-se as 6 primeiras classificadas: 12, 22, 77, 134, 464, 172.

Excesso de percentagem de tipos específicos de acidentes: Com este método determinou-se o excesso de percentagem associado à percentagem de “colisão” observada determinada no método anterior.

Através do excesso é possível quantificar o nível de sobrevalorização que um tipo específico de acidente pode assumir quando comparado a outros tipos ocorridos no mesmo local. Com isto pode dizer-se que a aglomeração dos tipos de colisões não é benéfico para os resultados, uma vez que os tipos de acidentes são pouco diferenciados.

Há ainda o aspeto da limitação de locais a classificar através da imposição de 2 condições. O excesso apenas é calculado para locais onde se verifica que a probabilidade obtida para a interseção supera, simultaneamente, a percentagem limite da população de referência e o limite inferior de probabilidade definido pelo técnico responsável pela análise.

Os aspetos mencionados no método anterior são também aplicáveis a este, uma vez que os pressupostos são os mesmos, e ainda têm a capacidade de influenciar as 2 condições referidas. Sendo a percentagem limite elevada implica grande restrição sobre o grupo e a inferiorização de poder do valor limite estabelecido a considerar para a probabilidade.

Na aplicação do método, após identificar os locais segundo as condições referidas, obtiveram-se 5 interseções para determinar o excesso de percentagem.

A classificação por ordenação decrescente do valor do excesso resultou: em primeiro lugar interseção número 12, segundo a 77, seguida pela número 22, 134 e 464.

Salienta-se o facto dos métodos analisados até agora não considerarem nem os dados de volume de tráfego nem estimativas da frequência média de acidentes, o que constitui uma fragilidade dos mesmos.

Taxa de acidentes: A medida de desempenho taxa de acidentes procura normalizar o número de acidentes relativamente à exposição (medida em volume de tráfego). Para a consideração do volume de tráfego foram estimados os TMDAs das interseções em estudo, podendo os valores representar uma subestimação dos valores reais, no entanto, não põe em causa a aplicação e consequente análise dos resultados do método.

No cálculo do TEV consideraram-se 2 hipóteses. A primeira sugerida pelo HSM a qual passa pela consideração dos valores do TMDA correspondentes apenas ao primeiro ano para calcular o TEV e de seguida estimar o MEV para o total de anos, assumindo o mesmo tráfego ao longo dos anos considerados. A segunda consistiu na consideração dos TMDAs correspondentes ao período total de interesse no cálculo do TEV, e assim obter o MEV com base nos valores anuais do TMDA. Esta diferença no cálculo do TEV não modifica a posição das interseções na classificação, mas influencia o valor da taxa de acidentes. O TEV calculado conforme a sugestão do HSM revela valores para a taxa de acidentes superiores aos obtidos com a segunda hipótese. Com isto, conclui-se que a aplicação e classificação segundo esta medida de desempenho, em Portugal, é viável e fiável, desde que seja possível obter valores do tráfego.

As 6 primeiras classificadas foram: 77, 464, 378, 18, 349 e 134.

Taxa crítica de acidentes: Neste método, é comparada a taxa de acidentes com a taxa crítica de acidentes (exclusiva do local) em cada interseção.

Para determinar a taxa crítica de acidentes é necessário calcular a taxa média ponderada para cada população. Neste passo, sublinha-se o agrupamento das populações de referência realizado. As populações estabelecidas não põem em causa a aplicação do método, no entanto influencia o resultado. A definição das populações de referência com agregação de mais critérios, de forma a criar grupos mais homogêneos, traduz-se num benefício para o resultado.

A taxa crítica necessita também da definição do nível de confiança desejado, pois este é considerado logo no cálculo da taxa crítica e não depois de obtido o resultado.

A consideração feita no TEV é fundamental e influencia bastante o resultado. Ora vejamos, após comparar as 2 taxas obtiveram-se 17 locais com a taxa de acidentes superior à sua taxa crítica. Se no TEV apenas fosse utilizado os valores do TMDA do primeiro ano, as taxas de acidentes seriam mais altas, o que implicaria certamente um maior número de locais com uma taxa superior à crítica.

Em suma, as considerações não põem em causa a aplicação dos métodos nem dos resultados, demonstrando-se que pode ser aplicado à realidade portuguesa.

As 6 interseções selecionadas foram as que apresentaram maior diferença em relação às suas taxas críticas, sendo elas: 77, 464, 378, 18, 349 e 134.

Nível de serviço de segurança (NSS): A aplicação deste método começa desde logo, pela definição das populações de referência. E como referido em métodos anteriores, este passo deve ser efetuado por forma a criar grupos mais homogêneos. Contudo, os grupos estabelecidos não põem em causa a aplicação nem resultados do método.

Outro aspeto, é a frequência de acidentes prevista pela FPA. Pode dizer-se que os valores obtidos são razoáveis, pois os coeficientes utilizados apresentam todos um nível de confiança muito elevado. Adjacente a estes níveis de confiança estatística, estão também os valores positivos estimados para os coeficientes das 2 variáveis do TMDA, que estão de acordo com as expectativas pois indicam que a um aumento do tráfego corresponde um aumento da frequência média de acidentes estimada.

Os conceitos utilizados para fundamentar este método foram formulados, no caso do meio urbano, pelo desenvolvimento de FPAs estimadas para acidentes totais e com vítimas localizados em vias rápidas urbanas, de 6 vias. A seleção dos limites $1,5 \times \sigma$ (ver quadro 3.3), na distribuição de Poisson ou distribuição Binomial Negativa (BN), foi baseada na estimação, pelos autores desta medida de desempenho, da frequência prevista em segmentos de vias rápidas urbanas localizadas no Colorado, Estados Unidos da América (EUA) [28].

Posto isto, estes limites, definidos pelos autores, aplicados ao caso do Porto poderão estar desajustados devido aos pressupostos para a formulação serem baseados em FPA desenvolvidas para outra realidade e também devido às diferenças de volume de tráfego habitualmente existentes em Portugal versus países como EUA. De facto, pela bibliografia consultada sobre este método específico [28], constatou-se que as categorias NSS são definidas para valores de volume de tráfego mais elevados. Assim, quando os volumes de tráfego são baixos, tal como no caso do Porto, a frequência prevista é também mais baixa, levando a que não seja possível diferenciar as categorias tal como elas foram definidas e como tal resultam valores negativos no limite da primeira categoria NSS. Sendo este método fundamentado em vários pressupostos, merece uma análise mais profunda e específica fora do âmbito deste trabalho.

Após comparar a frequência observada com as fronteiras das categorias NSS verificou-se que a categoria mínima atribuída foi a segunda, o que indica um baixo potencial para reduzir acidentes.

Face aos aspetos mencionados, pensa-se que as fronteiras consideradas quando aplicadas ao caso português encontram-se desajustadas, porém não invalidam a demonstração da aplicação nem os resultados do método.

Este método obriga a uma classificação das interseções por populações de referência. Assim, na população SL as 3 primeiras foram 1, 22 e 98, todas atribuídas à quarta categoria, o que representa alto potencial de redução de acidentes. Na população de referência PD/P obtiveram-se as interseções 10, 12 e 18, também na categoria 4.

Excesso previsto da frequência média de acidentes – FPA: Ao calcular o excesso previsto, faz-se uma comparação entre as frequências observada e prevista do local.

A confiança no valor da frequência média de acidentes prevista através da FPA é bastante considerável, pois os coeficientes utilizados para estimar a frequência prevista apresentam uma significância estatística elevada, representando um aspeto positivo para a confiança nos resultados.

Devido à utilização direta do valor da frequência observada, os efeitos do fenómeno regresso-à-média podem estar presentes no resultado, isto é, o tratamento de locais com base na tendência a curto prazo da frequência de acidentes observada pode suscitar casos em que o local é selecionado para o tratamento com base numa frequência observada alta a curto prazo, mas que, no entanto, a longo prazo pode ser na realidade significativamente mais baixa. Os efeitos deste fenómeno representam a maior desvantagem deste método, por isso, para uma análise segura é recomendável um período no mínimo de 4 anos.

A aplicação deste método às interseções identificadas na cidade do Porto foi realizado sobre uma amostra correspondente a 4 anos, o que significa que cumpre a recomendação indicada não

invalidando os resultados. Esta afirmação é apoiada juntamente pela significância estatística dos coeficientes utilizados para estimar as frequências previstas.

Desde que a FPA utilizada tenha um nível de confiança alto e o período temporal seja adequado (tendo em vista o fenómeno de regresso-à-média) recomenda-se a aplicação deste método ao caso português.

Analogamente ao método anterior, a classificação é feita dentro das populações de referência. No grupo SL as 3 interseções foram 134, 22 e 178, respetivamente e no grupo PD/P foram 77, 18 e 228.

Frequência média de acidentes esperada – Método Empírico de Bayes (EB): A frequência média de acidentes prevista é combinada com a frequência de acidentes observada através da técnica empírica de Bayes (EB), a fim de melhorar a credibilidade estatística da estimativa e obter a frequência média de acidentes esperada.

O fenómeno de regresso-à-média é uma condicionante e pode conduzir a estimativas pouco credíveis, contudo a aplicação do método EB trata o fenómeno de regresso-à-média aumentando a credibilidade das estimativas obtidas.

Este método pode ser aplicado sempre que os dados de acidentes observados e um modelo de previsão estiverem disponíveis, e assim a fiabilidade da estimativa é melhorada pela combinação de ambas estimativas.

Quando os dados usados para desenvolver o modelo apresentam uma grande variação de local para local (heterogeneidade dos dados entre locais), quer isto dizer, quando o valor do parâmetro de sobredispersão é alto, implica um valor do ajustamento ponderado, w , menor, o que resulta na diminuição da confiança dos resultados.

No caso do Porto os parâmetros de sobredispersão, k , utilizados são razoáveis. O k mais alto está associado à frequência média de acidentes com vítimas, e como tal, esta frequência esperada é menos credível que a frequência esperada de total de acidentes.

Nestes casos sugere-se a diminuição do peso na estimativa FPA aumentando o peso sobre a frequência de acidentes observada. Perante situações em que o k se revela baixo a fiabilidade resultante da FPA, normalmente será maior. Nesse caso, através da equação (3.24), o valor final é obtido com uma maior influência do valor obtido pela FPA.

Sendo assim, pode concluir-se que este método pode e deve ser aplicado, se adequado ao propósito, e depende dos fatores mencionados para obter resultados credíveis.

A classificação é feita sobre as populações de referência. No grupo SL destacaram-se as interseções número 22, 178 e 134. No grupo PD/P resultaram as interseções 10, 18 e 77.

Frequência média de acidentes EADM – Método Empírico de Bayes: Neste método a técnica empírica de Bayes é aplicada ao resultado do procedimento EADM.

Na análise realizada sobre o método frequência média de acidentes EADM ficou claro que os resultados obtidos não devem ser considerados devido aos aspetos mencionados.

A baixa fiabilidade do procedimento EADM sem os valores correspondentes da realidade local, trespassa para os resultados obtidos após aplicar o método EB.

A falta de conhecimento do verdadeiro estado das vítimas implica também, um enviesamento nas percentagens calculadas para a população de referência, o que se repercute no valor do ajustamento ponderado EADM.

Em consequência, a frequência média de acidentes esperada EADM não tem credibilidade suficiente para que seja considerada como fator de classificação, nem para que sejam selecionados locais para efetuar os diagnósticos.

Contudo, sublinha-se a utilização deste método desde que os parâmetros a utilizar, por exemplo os custos sociais originadores dos fatores de ponderação, representem o país subjacente à análise e a informação das vítimas tenha qualidade.

A título de curiosidade, na população SL classificaram-se as interseções 1, 227 e 211, enquanto que no outro grupo foram a 315, 464, 228.

Excesso esperado da frequência média de acidentes – Método Empírico de Bayes (EB): Este método recorre às frequências média de acidentes esperada ADM e com vítimas (M/F).

Neste método estão presentes os aspetos mencionados da aplicação técnica EB. A vantagem potencial e impulsionadora do destaque do método EB é o tratamento do fenómeno regresso-à-média.

Como já foi referido, na frequência média de acidentes esperada com ajustamento EB, os valores do parâmetro de sobredispersão, k , são determinantes para o ajustamento ponderado, w , e traduzem a fiabilidade resultante da FPA. Assim sendo, o valor de k para estimar a frequência de acidentes esperada com vítimas revela menor credibilidade deste valor. A frequência de acidentes esperada ADM é obtida pela subtração entre as frequências esperadas total de acidentes e de vítimas (M/F), por isso também este valor é afetado da menor credibilidade da frequência esperada com vítimas.

Conclui-se que o método pode e deve ser aplicado no caso português, tendo em atenção os aspetos referidos.

A classificação é feita nas populações de referência, e resultou na população SL as interseções 22, 134 e 178. Na população de referência PD/P foram a 10, 18 e 77. Constata-se que o resultado é igual ao resultado obtido com o método frequência média de acidentes esperada com o método EB.

Em suma, o quadro 4.36 é o culminar da análise. No quadro seguinte podem ser observados os métodos concluídos como mais credíveis, bem como as classificações obtidas em cada um.

Quadro 4.36: Métodos credíveis e suas classificações.

Classificação	Excesso da frequência média de acidentes – Método dos Momentos	Taxa de acidentes	Taxa crítica de acidentes	Nível de serviço de segurança (NSS)		Excesso previsto da frequência média de acidentes – FPA		Frequência média de acidentes esperada – Método Empírico de Bayes (EB):	
				SL	PD/P	SL	PD/P	SL	PD/P
1	15	77	77	1	10	134	77	22	10
2	63	464	464	22	12	22	18	178	18
3	67	378	378	98	18	178	228	134	77
4	95	18	18						
5	156	349	349						
6	195	134	134						

Como se pode perceber através da consulta do quadro 4.36 a classificação dos métodos presentes nas últimas 3 colunas foi realizada sobre as populações de referência, enquanto que os primeiros permitem uma classificação com todas as interseções. Esta diferença não prejudica às conclusões, porém é necessário precaução para não comparar interseções de tipos de sinalização diferentes das consideradas nas populações de referência.

Os métodos que mais se destacam por apresentarem resultados mais próximos são o método excesso previsto da frequência média de acidentes – FPA e o método frequência média de acidentes esperada – Método Empírico de Bayes (EB), diferindo apenas numa interseção do grupo de referência PD/P. Com base nestes resultados e nos aspetos mencionados ao longo do trabalho considerou-se que estes 2 métodos deveriam ter maior peso na consideração de resultados, a fim de selecionar as interseções com maior potencial de redução de acidentes, e desta forma condicionar os próximos passos do processo de gestão de segurança sugerido pelo HSM. Porém, como o método EB no seu ajustamento engloba a frequência de acidentes prevista e trata o fenómeno de regresso-à-média aumentando a credibilização do resultado, pensa-se que este método é o que apresenta resultados mais fiáveis e credíveis.

No resultado do método NSS foram classificadas 3 interseções de cada grupo, e observa-se que os resultados não estão em sintonia com os resultados dos outros métodos. O resultado deste método apenas apresenta uma interseção em cada grupo das interseções potenciais para seleção comum aos outros 2 métodos. Contudo, a existência destas interseções em comum pode reforçar a conclusão de que o resultado obtido pelos outros 2 métodos considerados são mais credíveis.

No caso dos métodos aplicados ao total das interseções, constata-se que o resultado obtido pelo método dos Momentos é o mais dispar, pois nenhuma das interseções obtidas consta na classificação dos outros métodos. Este facto pode ser derivado dos efeitos do fenómeno regresso-à-média, referido na análise do próprio método. Assim sendo, como não há o reforço neste resultado por parte dos outros métodos julga-se que as interseções resultantes não são fiáveis.

Ainda através do quadro 4.36, observa-se que o resultado obtido pelos métodos taxa de acidentes e taxa crítica foi o mesmo, e que 3 das interseções presentes coincidem com o resultado obtido pelos métodos mais fiáveis das 3 colunas mais à direita.

Assim, como conclusão final, e simulando uma potencial seleção por parte de um técnico responsável pela intervenção futura nestas interseções, sugere-se selecionar, com base no potencial de redução da frequência média de acidentes, as interseções número 22, 178, 134 no grupo das interseções reguladas por sinais luminosos, e no grupo de interseções de prioridade à direita e prioritárias os locais número 10, 18 e 77. Para estas interseções selecionadas deverá ser feita uma análise aprofundada local a local, realizando-se diversos levantamentos das características geométricas e funcionais. Para este levantamento e análise sugere-se a utilização de fichas de apoio tais como as elaboradas e utilizadas neste trabalho a título de exemplo (ver Anexo VII).

5

CONCLUSÃO

A Segurança Rodoviária é uma área que se debruça sobre os conflitos e acidentes que ocorrem nas redes viárias e tem como objetivo mitigá-los através de políticas e medidas. É condicionada por um conjunto de fatores que originam os principais problemas, traduzindo-se na sinistralidade.

A Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) é a instituição portuguesa encarregue de atuar nesta área. Através dos relatórios anuais que a ANSR disponibiliza foi possível analisar a evolução da sinistralidade em Portugal ao longo das últimas décadas. Conclui-se que a sinistralidade tem vindo a decrescer, colocando Portugal próximo da média europeia. Não obstante, existe ainda um longo caminho a percorrer e recorda-se que a partir de um certo patamar as melhorias a nível da Segurança Rodoviária vão sendo progressivamente mais difíceis de alcançar [6].

É neste contexto que se desenvolveu o presente trabalho cujo objetivo principal é demonstrar a aplicação de medidas de avaliação de desempenho propostas pelo HSM ao caso particular das interseções da rede viária do Porto.

Para a seleção das interseções com potencial de redução da sinistralidade, objetivo da presente dissertação, foi analisado o ficheiro com os registos de acidentes rodoviários ocorridos na cidade do Porto entre Janeiro de 2008 e Dezembro de 2011. Descreveram-se também, os métodos de avaliação de desempenho contemplados no HSM, os quais possibilitaram a seleção proposta.

Com recurso a este ficheiro foi analisada a sinistralidade registada na cidade do Porto entre 2008 e 2011. A média anual dos acidentes registados no período de estudo foi de 5.129 acidentes. Constatou-se que na grande maioria dos acidentes apenas se registaram danos materiais. Nesta fração de acidentes verificou-se um aumento significativo no ano de 2010, contrariado pelo decréscimo verificado em 2011, sendo este o ano onde se registaram menos acidentes dentro do período de análise.

Relativamente aos acidentes onde se registaram vítimas verificou-se uma tendência decrescente do número de mortos e feridos graves entre 2008 e 2010. Em 2011, registou-se um aumento significativo do número de feridos graves acompanhado por um aumento do número de mortos. Em relação aos feridos ligeiros constatou-se uma tendência crescente. Nos 4 anos de estudo constatou-se que a maior percentagem de vítimas (97,06%) corresponde a feridos ligeiros, tendo-se verificado uma média anual de 10 mortos e 30 feridos graves.

Para a identificação e seleção dos locais considerados para o estudo presente no caso prático, esta tratou-se de uma escolha exemplificativa para a aplicação dos métodos de avaliação de desempenho do HSM, mas baseada no facto de se tratarem de locais de elevada sinistralidade.

Após analisar o ficheiro referido de acidentes rodoviários identificaram-se 963 interseções intervenientes para o estudo. Destas, devido aos obstáculos encontrados, utilizaram-se 60 para aplicação dos métodos. Obtidos os primeiros resultados selecionaram-se 6 interseções com base no potencial de redução de acidentes.

Para o desenvolvimento do caso prático foram assumidas algumas simplificações, tais como o agrupamento das interseções em populações de referência e a utilização de valores disponibilizados no HSM.

Ao longo da aplicação dos vários métodos de avaliação de desempenho constatou-se, por vezes, dificuldade na interpretação da informação assim como algumas incoerências na descrição de alguns métodos (por exemplo, troca de valores) contemplada no HSM o que dificultou, em algumas fases, o trabalho.

Da aplicação dos métodos foi possível constatar as lacunas existentes relativamente à falta de dados e outros valores, as quais dificultam a aplicação dos mesmos à realidade portuguesa, repercutindo-se na fiabilidade e credibilidade dos resultados.

Conclui-se que Portugal necessita ainda de mais tempo para melhorar os registos dos acidentes nomeadamente quanto à identificação do tipo de acidentes, do estado das vítimas, e da localização. Pensa-se que poderia ser uma mais valia investir na classificação e registo da vítima mortal segundo a definição a “30 dias”, porque os estudos feitos e métodos publicados noutros países baseiam-se nesta definição de morto. Esta mudança da classificação poderia facilitar a aplicação e permitir melhores resultados. Outro aspeto é a falta de estudos que estimem o custo social de um acidente com danos materiais para além dos acidentes com vítimas.

Os dados de volume de tráfego também influenciam os resultados finais, sendo que, no presente trabalho, estes dados foram estimados tendo em consideração a tendência crescente de um período de 5 anos anterior ao período do estudo. Porém este ponto poderia ser ultrapassado caso estes métodos fossem aplicados na Câmara Municipal do Porto em que a obtenção dos dados seria mais simples e realista não necessitando de uma estimativa.

Perante a análise de resultados realizada constatou-se que alguns métodos destacam-se em relação aos outros. Os 2 métodos a destacar são: excesso previsto da frequência média de acidentes (FPA) e frequência média de acidentes esperada (método EB) pois apresentaram resultados semelhantes.

Da aplicação apresentada ao longo deste trabalho conclui-se que, apesar dos resultados divergirem de método para método, os métodos abordados são aplicáveis à realidade portuguesa e constituem uma mais valia em termos de análise segurança rodoviária, estando apenas dependente da disponibilidade e qualidade dos dados.

Em suma, a presente dissertação constitui a primeira abordagem feita aos métodos de avaliação de desempenho, e que constitui o primeiro passo do processo de gestão de segurança rodoviária proposto pelo HSM. Com este trabalho identificaram-se os passos necessários para aplicação de cada método e respetivos recursos, salientando-se as dificuldades encontradas. Contudo são necessários futuros estudos para aferir a capacidade que os métodos têm para fornecerem resultados verdadeiros, sendo para tal necessário um estudo aprofundado dos locais identificados. Para no futuro melhorar esta aplicação, salienta-se a importância da obtenção de dados com maior qualidade assim como mais características dos locais. Deste modo, espera-se ter contribuído para um desenvolvimento na perspetiva de análise de segurança rodoviária e futuras abordagens do processo de gestão de segurança rodoviária contemplado no manual designado de Highway Safety Manual.

Referências Bibliográficas

- [1] Leal, A. *Modelação do Sistema Rodoviário: na perspectiva do conflito emergente*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Complexidade, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, 2008.
- [2] Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. *Relatório Annual do Observatório de Segurança Rodoviária*, 2009.
- <http://www.ansr.pt/LinkClick.aspx?fileticket=Skc1ap20jiA%3d&tabid=273&mid=775&language=pt-PT> (30-10-2012).
- [3] Elvik, R. *How much do road accidents cost the national economy? Accident Analysis and Prevention*, 2000. 32, 849-851.
- [4] World Health Organization. *Global Status Report on Road Safety*, 2009.
- [5] Ministério da Administração Interna. *Plano Nacional de Prevenção Rodoviária*, 2003.
- [6] Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. *Manual de Planeamento das Acessibilidades e Transportes. Segurança Rodoviária*, 2008.
- [7] Guo, F., X. Wang, and M.A. Abdel-Aty, *Modeling signalized intersection safety with corridor-level spatial correlations. Accident Analysis and Prevention*, 42: p. 84-92, 2010.
- [8] American Association of State Highway and Transportation Official. *Highway Safety Manual*. AASHTO, Washington DC, 2010.
- [9] Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. *Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária*, 2009.
- <http://www.ansr.pt/Default.aspx?tabid=396&language=pt-PT> (30-10-2012).
- [10] Comissão das Comunidades Europeias. *Programa de Acção Europeu para a Segurança Rodoviária, Balanço Intercalar*. Bruxelas, 2006.
- [11] Gomes, S., *Avaliação da Influência da Infra-Estrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2010
- [12] JAE P5/90. *Norma de Interseções*. Divisão de Estudos e Projetos da Junta Autónoma de Estradas. Edição JAE, Lisboa, Portugal, 1990.
- [13] Pires da Costa, A. *Apontamentos da disciplina de Circulação e Transportes I*. Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto, 2012.

- [14] Gomes, V. *Proposta de Clausulado Normativo para o Traçado de Interseções em Estradas Nacionais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [15] Ministério da Administração Interna. *Código da Estrada*. Decreto-Lei n.º 265-A/2001 de 28 de Setembro com as alterações introduzidas pela Lei n.º 20/2002 de 21 de Agosto, 2002.
- [16] Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. *Manual de Planeamento das Acessibilidades e Transportes. Interseções Prioritárias e de Viragem à Direita*, 2008.
- [17] Elvik, R., Vaa, T. *The handbook of road safety measures*. Elsevier Amesterdão 2004.
- [18] Duarte, R. *Aplicação do Método de Previsão de Acidentes do Highway Safety Manual em Interseções do Meio Urbano*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- [19] Ogden, K. W. *Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering*. Ashgate, Farnham, Surrey, UK, 1996.
- [20] Kononov, J. *Use of Direct Diagnostics and Pattern Recognition Methodologies in Identifying Locations with Potential for Accident Reductions*. Transportation Research Board Annual Meeting CD-ROM. TRB, National Research Council, Washington, DC, 2002.
- [21] Midwest Research Institute. *White Paper for Module 1—Network Screening*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC, 2002.
- [22] Allery, B., and Kononov, J. *Level of Service of Safety*. In *Transportation Research Record 1840*. TRB, National Research Council, Washington, DC, 2003, pp. 57-66.
- [23] Kononov, J., and Allery, B. *Transportation Research Board Level of Service of Safety: Conceptual Blueprint and Analytical Framework*. In *Transportation Research Record 1840*. TRB, National Research Council, Washington, DC, 2003, pp. 57-66.
- [24] Hauer, E. *Observational Before-After Studies in Road Safety*. Pergamon Press Inc., Oxford, UK, 1997.
- [25] Barbosa, J. *Redução da Sinistralidade Rodoviária na Cidade do Porto por Aplicação de Medidas de Baixo Custo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [26] Ferreira, S. *A Segurança Rodoviária no Processo de Planeamento de Redes de Transportes*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [27] Donário, A., e Santos, R. *O Custo Económico e Social dos acidentes de viação em Portugal*, Universidade Autónoma de Lisboa (UAL), 2012
- http://www.pgr.pt/grupo_soltas/Actualidades/2012/Custo%20economico%20e%20social%20dos%20acidentes_versao%20para%20internet.pdf (28-11-2012).
- [28] Kononov, J., and Allery, B. *Explicit Consideration of Safety in Transportation Planning and Project Scoping*. In *Transportation Research Record 1897*. TRB, National Research Council, Washington, DC, 2004, pp. 116-125.

ANEXO I

Conceitos relacionados com acidentes

Acidente: Ocorrência na via pública ou que nela tenha origem envolvendo pelo menos um veículo, do conhecimento das entidades fiscalizadoras (GNR, GNR/BT e PSP) e da qual resultem vítimas e/ou danos materiais.

Acidentes com vítimas: Acidente do qual resulte pelo menos uma vítima.

Acidente mortal: Acidente do qual resulte pelo menos um morto.

Acidentes com feridos graves: Acidente do qual resulte pelo menos um ferido grave, não tendo ocorrido qualquer morte.

Acidentes com feridos leves: Acidente do qual resulte pelo menos um ferido leve e em que não se tenham registado mortos nem feridos graves.

Vítima: Ser humano que em consequência de acidente sofra danos corporais.

Morto ou vítima mortal: Vítima de acidente cujo óbito ocorra no local do evento ou no seu percurso até à unidade de saúde.

Para obter o número de mortos a 30 dias¹⁹, aplica-se a este valor um coeficiente de 1,14.

Ferido grave: Vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas.

Ferido leve: Vítima de acidente que não seja considerada ferida grave.

Condutor: Pessoa que detém o comando de um veículo ou animal na via pública.

Passageiro: Pessoa afectada a um veículo na via pública e que não seja condutora.

Peão: Pessoa que transita na via pública a pé e em locais sujeitos à legislação rodoviária. Consideram-se ainda peões todas as pessoas que conduzam à mão velocípedes ou ciclomotores de duas rodas sem carro atrelado ou carros de crianças ou de deficientes físicos.

Índice de gravidade: Número de mortos por 100 acidentes com vítimas.

Indicador de gravidade: $IG = 100 \times M + 10 \times FG + 3 \times FL$, em que M é o número de mortos, FG o de feridos graves e FL o de feridos leves.

Ponto negro: Lanço de estrada com o máximo de 200 metros de extensão, no qual se registou, pelo menos, 5 acidentes com vítimas, no ano em análise, e cuja soma de indicadores de gravidade é superior a 20.

¹⁹ Definição Internacional (Convenção de Viena)

ANEXO II

Número de acidentes com vítimas

Índice de gravidade

Número de vítimas

Número de vítimas dentro e fora de localidades

Ano	Acidentes com vítimas	Vítimas mortais	Feridos graves	Feridos leves	Índice de Gravidade
1990	45110	2321	12165	51164	5,1
1991	48953	2475	12548	56987	5,1
1992	50851	2372	12475	58511	4,7
1993	48645	2077	11830	54880	4,3
1994	45830	1926	10387	51776	4,2
1995	48339	2085	11229	54598	4,3
1996	49265	2100	10842	55785	4,3
1997	49417	1939	9335	57181	3,9
1998	49319	1865	8177	58426	3,8
1999	47966	1750	7697	57630	3,6
2000	44159	1629	6918	53006	3,7
2001	42521	1466	5797	51247	3,4
2002	42219	1469	4770	51815	3,5
2003	41495	1356	4659	50599	3,3
2004	38930	1135	4190	47819	2,9
2005	37066	1094	3762	45487	3
2006	35680	850	3483	43654	2,4
2007	35311	854	3116	43202	2,4
2008	33613	776	2606	41327	2,3
2009	35484	737	2642	43790	2,1

Ano	Fora de localidades			Dentro de localidades		
	Vítimas mortais	Feridos graves	Total	Vítimas mortais	Feridos graves	Total
1998	1103	3000	4103	762	5177	5939
1999	991	2893	3884	759	4804	5563
2000	995	2755	3750	634	4163	4797
2001	834	2432	3266	632	3365	3997
2002	856	1405	2261	613	2739	3352
2003	778	1920	2698	578	2734	3312
2004	647	1456	2103	488	2587	3075
2005	623	1175	1798	471	2280	2751
2006	457	1203	1660	393	2064	2457
2007	513	1052	1565	341	1793	2134
2008	410	813	1223	366	1619	1985
2009	398	1023	1421	339	1500	1839

ANEXO III

Número de acidentes rodoviários só com danos materiais -
distribuição mensal

Acidentes rodoviários onde se registaram vítimas -
distribuição mensal

Número de vítimas anual

Acidentes rodoviários só com danos materiais													
Ano	Nº de acidentes	Distribuição por mês											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2008	4082	386	394	346	353	358	336	297	202	275	374	331	430
2009	4141	347	178	287	280	284	369	427	256	350	437	482	444
2010	4712	418	420	402	369	360	317	390	300	385	452	459	440
2011	4003	336	388	392	289	322	324	326	267	308	335	375	341
Total	16938	1487	1380	1427	1291	1324	1346	1440	1025	1318	1598	1647	1655

Acidentes rodoviários onde só se registaram vítimas													
Ano	Nº de acidentes	Distribuição por mês											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2008	825	83	62	69	65	79	71	64	43	69	88	57	75
2009	907	60	45	62	44	71	89	76	70	97	123	80	90
2010	927	67	54	98	88	80	78	62	47	68	103	90	92
2011	916	65	81	85	78	70	66	92	64	72	87	86	70
Total	3575	275	242	314	275	300	304	294	224	306	401	313	327

Ano	Nº de acidentes	Nº de Mortos	Nº de F. Graves	Nº de F. Ligeiros	Nº de acidentes s/ informação	Total de vítimas
2008	825	5	25	805	163	835
2009	907	7	23	964	69	994
2010	927	6	15	1420	12	1441
2011	916	19	55	1937	0	2011
Total	3575	37	118	5126	244	5281

ANEXO IV

Registos de acidentes por gravidade nas 963 interseções identificadas na cidade do Porto (informação base do método frequência média de acidentes)

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
1	23	11	12
2	23	1	22
3	16	1	15
4	2	0	2
5	11	0	11
6	25	3	22
7	3	0	3
8	2	0	2
9	10	0	10
10	31	2	28
11	12	6	6
12	22	0	22
13	9	1	8
14	2	0	2
15	10	2	8
16	1	0	1
17	2	0	2
18	30	4	26
19	2	1	1
20	8	0	8
21	4	0	4
22	36	0	36
23	14	3	11
24	4	1	3
25	1	1	0
26	6	0	6
27	15	3	12
28	10	0	10
29	3	1	2
30	19	3	16

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
31	3	0	3
32	16	1	15
33	1	0	1
34	1	0	1
35	14	3	11
36	17	2	15
37	1	0	1
38	4	0	4
39	9	3	6
40	13	1	12
41	14	2	12
42	2	0	2
43	2	1	1
44	6	3	3
45	8	2	6
46	13	3	10
47	7	1	6
48	2	0	2
49	4	1	3
50	9	5	4
51	3	1	2
52	9	1	8
53	2	1	1
54	3	0	3
55	33	3	30
56	3	2	1
57	7	1	6
58	5	1	4
59	8	0	8
60	15	3	12
61	9	4	5

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
62	3	0	3
63	10	4	6
64	4	0	4
65	5	1	4
66	4	0	4
67	10	2	8
68	2	0	2
69	7	0	7
70	10	2	8
71	5	1	4
72	6	1	5
73	4	0	4
74	6	1	5
75	9	2	7
76	9	2	7
77	30	5	25
78	5	0	5
79	15	3	12
80	10	3	7
81	1	0	1
82	2	0	2
83	9	0	9
84	1	0	1
85	15	3	12
86	7	1	6
87	4	0	4
88	1	1	0
89	2	1	1
90	1	0	1
91	6	1	5
92	4	1	3

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
93	19	3	16
94	3	0	3
95	17	2	15
96	10	2	8
97	11	1	10
98	6	0	6
99	29	6	23
100	1	0	1
101	6	0	6
102	4	0	4
103	7	1	6
104	3	0	3
105	1	1	0
106	2	0	2
107	17	0	17
108	1	0	1
109	6	0	6
110	9	0	9
111	3	0	3
112	6	2	4
113	1	0	1
114	3	1	2
115	5	1	4
116	5	0	5
117	12	1	11
118	9	6	3
119	12	1	11
120	5	0	5
121	1	0	1
122	4	0	4
123	6	3	3

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
124	12	3	9
125	5	1	4
126	15	5	10
127	5	0	5
128	9	2	7
129	2	0	2
130	2	0	2
131	9	0	9
132	1	0	1
133	14	3	11
134	11	1	10
135	31	3	28
136	24	4	20
137	5	1	4
138	1	0	1
139	1	0	1
140	11	1	10
141	2	0	2
142	4	0	4
143	11	6	5
144	4	0	4
145	6	1	5
146	3	1	2
147	6	0	6
148	4	0	4
149	7	2	5
150	5	1	4
151	5	3	2
152	1	0	1
153	12	1	11
154	2	2	0

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
155	4	1	3
156	15	1	14
157	10	2	8
158	6	0	6
159	5	2	3
160	3	2	1
161	15	1	14
162	8	1	7
163	4	1	3
164	4	1	3
165	4	0	4
166	6	1	5
167	5	0	5
168	10	1	9
169	1	0	1
170	13	1	12
171	6	2	4
172	5	0	5
173	11	0	11
174	2	0	2
175	4	1	3
176	3	0	3
177	2	0	2
178	2	0	2
179	1	0	1
180	32	3	29
181	4	3	1
182	8	1	7
183	11	0	11
184	6	3	3
185	1	0	1

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
186	3	0	3
187	2	0	2
188	3	0	3
189	2	0	2
190	1	0	1
191	1	0	1
192	3	1	2
193	5	1	4
194	1	0	1
195	2	0	2
196	7	2	5
197	10	0	10
198	1	0	1
199	6	2	4
200	9	1	8
201	10	1	9
202	3	1	2
203	4	1	3
204	1	0	1
205	2	0	2
206	5	0	5
207	4	0	4
208	1	1	0
209	2	0	2
210	10	3	7
211	6	5	1
212	17	7	10
213	20	4	16
214	12	1	11
215	7	1	6
216	4	0	4

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
217	6	3	3
218	1	0	1
219	11	1	10
220	2	0	2
221	12	2	10
222	4	1	3
223	7	1	6
224	5	1	4
225	4	1	3
226	7	1	6
227	10	1	9
228	5	0	5
229	21	6	15
230	28	5	23
231	2	0	2
232	9	1	8
233	6	1	5
234	5	0	5
235	5	1	4
236	3	2	1
237	17	3	14
238	3	1	2
239	3	0	3
240	10	3	7
241	2	0	2
242	7	0	7
243	1	0	1
244	4	1	3
245	2	0	2
246	14	3	11
247	3	0	3

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
248	2	0	2
249	8	0	8
250	3	0	3
251	2	1	1
252	1	0	1
253	6	1	5
254	5	1	4
255	4	0	4
256	2	0	2
257	5	1	4
258	9	1	8
259	4	1	3
260	2	1	1
261	23	2	21
262	1	0	1
263	1	0	1
264	5	0	5
265	2	1	1
266	6	1	5
267	1	0	1
268	2	0	2
269	8	0	8
270	5	0	5
271	3	0	3
272	17	2	15
273	2	0	2
274	4	1	3
275	4	1	3
276	12	2	10
277	5	1	4
278	2	2	0

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
279	8	2	6
280	1	0	1
281	1	0	1
282	17	0	17
283	7	1	6
284	10	2	8
285	21	3	18
286	4	1	3
287	4	0	4
288	10	1	9
289	2	0	2
290	3	0	3
291	2	0	2
292	2	0	2
293	17	5	12
294	5	0	5
295	9	0	9
296	4	0	4
297	1	0	1
298	12	2	10
299	6	4	2
300	1	0	1
301	4	1	3
302	1	0	1
303	2	1	1
304	14	1	13
305	2	0	2
306	6	0	6
307	17	5	12
308	11	2	9
309	2	0	2

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
310	1	0	1
311	8	1	7
312	1	1	0
313	1	0	1
314	4	0	4
315	1	1	0
316	1	1	0
317	12	5	7
318	1	0	1
319	3	0	3
320	2	0	2
321	10	1	9
322	4	1	3
323	1	0	1
324	3	1	2
325	11	3	8
326	5	1	4
327	6	2	4
328	6	1	5
329	9	2	7
330	8	2	6
331	2	0	2
332	4	1	3
333	11	0	11
334	8	2	6
335	13	0	13
336	1	0	1
337	5	1	4
338	2	0	2
339	5	1	4
340	6	0	6

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
341	6	3	3
342	2	0	2
343	5	3	2
344	2	0	2
345	5	0	5
346	2	1	1
347	12	2	10
348	4	0	4
349	18	3	15
350	4	2	2
351	15	3	12
352	1	1	0
353	2	0	2
354	1	0	1
355	6	2	4
356	1	0	1
357	1	0	1
358	2	2	0
359	4	2	2
360	2	1	1
361	10	2	8
362	5	0	5
363	3	0	3
364	11	3	8
365	13	2	10
366	5	0	5
367	1	0	1
368	4	0	4
369	2	1	1
370	2	1	1
371	6	1	5

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
372	1	0	1
373	4	0	4
374	1	0	1
375	1	0	1
376	4	1	3
377	9	1	8
378	1	0	1
379	4	1	3
380	17	2	15
381	7	2	5
382	4	0	4
383	3	1	2
384	1	0	1
385	4	0	4
386	3	1	2
387	1	1	0
388	2	0	2
389	2	1	1
390	7	1	6
391	6	1	5
392	3	1	2
393	1	0	1
394	1	0	1
395	5	2	3
396	5	1	4
397	5	1	4
398	1	0	1
399	1	1	0
400	3	1	2
401	3	1	2
402	1	0	1

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
403	20	5	15
404	4	0	4
405	4	0	4
406	1	1	0
407	4	0	4
408	12	2	10
409	3	2	1
410	4	0	4
411	6	0	6
412	5	1	4
413	3	1	2
414	1	0	1
415	2	0	2
416	2	0	2
417	1	0	1
418	6	0	6
419	2	0	2
420	7	0	7
421	1	0	1
422	1	1	0
423	3	0	3
424	11	0	11
425	13	3	10
426	9	2	7
427	1	0	1
428	4	2	2
429	1	0	1
430	3	2	1
431	18	2	16
432	9	0	9
433	4	1	3

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
434	2	1	1
435	1	1	0
436	2	0	2
437	4	0	4
438	7	0	7
439	2	1	1
440	2	0	2
441	1	0	1
442	11	0	11
443	1	0	1
444	1	1	0
445	2	0	2
446	1	0	1
447	6	0	6
448	1	0	1
449	4	2	2
450	8	2	6
451	7	1	6
452	1	0	1
453	3	1	2
454	1	0	1
455	3	0	3
456	3	0	3
457	2	0	2
458	6	0	6
459	5	0	5
460	5	0	5
461	3	0	3
462	1	0	1
463	1	0	1
464	12	2	10

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
465	1	1	0
466	25	7	18
467	3	1	2
468	1	0	1
469	3	0	3
470	1	0	1
471	5	4	1
472	2	0	2
473	1	0	1
474	7	2	5
475	7	0	7
476	2	0	2
477	2	0	2
478	2	0	2
479	7	1	6
480	1	1	0
481	2	0	2
482	4	1	3
483	5	1	4
484	4	0	4
485	4	0	4
486	3	0	3
487	3	1	2
488	6	0	6
489	9	1	8
490	4	0	4
491	16	2	14
492	5	0	5
493	5	1	4
494	21	3	18
495	4	1	3

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
496	3	0	3
497	8	3	5
498	3	0	3
499	1	0	1
500	4	1	3
501	9	3	6
502	5	1	4
503	5	0	5
504	5	1	4
505	3	0	3
506	3	0	3
507	1	0	1
508	1	1	0
509	7	2	5
510	4	0	4
511	2	0	2
512	2	2	0
513	2	0	2
514	3	1	2
515	10	2	8
516	4	1	3
517	3	0	3
518	2	1	1
519	2	0	2
520	6	0	6
521	6	2	4
522	1	0	1
523	6	0	6
524	1	0	1
525	3	0	3
526	7	1	6

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
527	1	0	1
528	3	0	3
529	1	1	0
530	1	0	1
531	1	0	1
532	2	0	2
533	2	1	1
534	19	4	15
535	5	0	5
536	3	0	3
537	1	0	1
538	9	2	7
539	4	0	4
540	1	0	1
541	4	0	4
542	3	0	3
543	3	1	2
544	6	0	6
545	2	0	2
546	1	0	1
547	5	1	4
548	1	0	1
549	3	0	3
550	5	0	5
551	1	0	1
552	1	0	1
553	5	1	4
554	1	1	0
555	3	1	2
556	7	1	6
557	8	0	8

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
558	3	0	3
559	3	0	3
560	1	0	1
561	6	3	3
562	7	3	4
563	3	1	2
564	1	0	1
565	1	1	0
566	2	1	1
567	2	0	2
568	1	0	1
569	10	1	9
570	5	0	5
571	2	1	1
572	3	0	3
573	2	0	2
574	4	1	3
575	7	2	5
576	3	0	3
577	9	2	7
578	2	2	0
579	3	2	1
580	4	0	4
581	1	1	0
582	2	0	2
583	9	0	9
584	1	0	1
585	8	0	8
586	2	0	2
587	4	0	4
588	1	0	1

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
589	4	2	2
590	4	0	4
591	1	0	1
592	3	2	1
593	2	1	1
594	4	1	3
595	9	2	7
596	7	1	6
597	3	0	3
598	2	0	2
599	9	2	7
600	3	1	2
601	1	0	1
602	2	0	2
603	2	1	1
604	3	2	1
605	2	1	1
606	4	0	4
607	1	0	1
608	1	0	1
609	1	0	1
610	1	0	1
611	1	1	0
612	8	1	7
613	1	0	1
614	1	0	1
615	3	0	3
616	1	1	0
617	5	2	3
618	1	1	0
619	5	1	4

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
620	4	1	3
621	1	0	1
622	2	0	2
623	6	0	6
624	4	0	4
625	1	0	1
626	2	0	2
627	4	0	4
628	7	1	6
629	1	0	1
630	4	0	4
631	2	0	2
632	1	0	1
633	1	0	1
634	4	0	4
635	1	0	1
636	2	0	2
637	1	0	1
638	1	0	1
639	19	2	17
640	1	0	1
641	2	0	2
642	1	0	1
643	1	0	1
644	1	0	1
645	2	0	2
646	4	1	3
647	3	1	2
648	1	0	1
649	6	0	6
650	3	1	2

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
651	2	0	2
652	1	0	1
653	1	0	1
654	2	2	0
655	3	0	3
656	4	0	4
657	4	0	4
658	3	0	3
659	3	1	2
660	4	1	3
661	1	0	1
662	1	0	1
663	3	0	3
664	3	0	3
665	5	0	5
666	1	1	0
667	3	0	3
668	5	1	4
669	1	0	1
670	1	0	1
671	1	0	1
672	2	0	2
673	1	0	1
674	5	0	5
675	4	0	4
676	1	0	1
677	3	1	2
678	3	1	2
679	2	0	2
680	2	0	2
681	4	1	3

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
682	2	0	2
683	1	0	1
684	1	0	1
685	2	0	2
686	1	1	0
687	7	2	5
688	5	1	4
689	5	0	5
690	1	0	1
691	1	0	1
692	1	0	1
693	2	1	1
694	5	2	3
695	2	0	2
696	1	1	0
697	12	0	12
698	4	1	3
699	2	2	0
700	6	1	5
701	3	0	3
702	4	0	4
703	1	0	1
704	1	0	1
705	1	0	1
706	2	0	2
707	2	0	2
708	2	1	1
709	6	3	3
710	1	0	1
711	1	0	1
712	1	1	0

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
713	1	1	0
714	3	0	3
715	1	0	1
716	2	0	2
717	1	0	1
718	3	1	2
719	3	1	2
720	1	0	1
721	1	0	1
722	4	0	4
723	2	0	2
724	10	0	10
725	1	0	1
726	2	0	2
727	6	1	5
728	4	0	4
729	1	1	0
730	2	1	1
731	3	1	2
732	1	0	1
733	1	0	1
734	2	0	2
735	1	1	0
736	2	0	2
737	1	0	1
738	3	1	2
739	1	0	1
740	1	0	1
741	3	0	3
742	4	1	3
743	1	0	1

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
744	1	0	1
745	2	1	1
746	1	0	1
747	1	0	1
748	4	0	4
749	4	0	4
750	2	0	2
751	4	0	4
752	1	0	1
753	2	1	1
754	1	0	1
755	2	0	2
756	2	0	2
757	2	1	1
758	2	0	2
759	4	1	3
760	1	1	0
761	11	0	11
762	5	1	4
763	4	0	4
764	1	0	1
765	1	0	1
766	4	0	4
767	3	0	3
768	1	0	1
769	2	0	2
770	2	0	2
771	1	0	1
772	3	1	2
773	2	0	2
774	2	0	2

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
775	1	0	1
776	3	0	3
777	3	1	2
778	1	0	1
779	3	0	3
780	2	1	1
781	6	1	5
782	2	0	2
783	1	0	1
784	1	0	1
785	3	1	2
786	2	1	1
787	1	0	1
788	2	0	2
789	2	0	2
790	6	1	5
791	3	0	3
792	1	0	1
793	1	0	1
794	5	1	4
795	2	0	2
796	4	1	3
797	2	0	2
798	3	0	3
799	1	0	1
800	6	2	4
801	1	0	1
802	1	1	0
803	2	0	2
804	3	0	3
805	5	1	4

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
806	2	1	1
807	2	0	2
808	1	0	1
809	3	0	3
810	3	1	2
811	3	0	3
812	1	0	1
813	1	0	1
814	2	0	2
815	1	1	0
816	2	1	1
817	2	0	2
818	3	0	3
819	4	0	4
820	2	0	2
821	1	1	0
822	5	0	5
823	4	0	4
824	1	0	1
825	3	0	3
826	5	0	5
827	1	1	0
828	1	0	1
829	2	0	2
830	4	2	2
831	2	0	2
832	4	1	3
833	1	0	1
834	1	0	1
835	1	0	1
836	4	1	3

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
837	2	1	1
838	4	1	3
839	5	1	4
840	2	2	0
841	2	0	2
842	2	0	2
843	1	1	0
844	1	0	1
845	2	1	1
846	4	0	4
847	3	0	3
848	1	0	1
849	5	0	5
850	1	0	1
851	1	0	1
852	5	0	5
853	3	1	2
854	4	0	4
855	5	1	4
856	1	0	1
857	3	0	3
858	4	1	3
859	3	0	3
860	3	0	3
861	1	0	1
862	6	0	6
863	1	1	0
864	1	0	1
865	1	0	1
866	1	0	1
867	2	0	2

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
868	2	0	2
869	1	0	1
870	2	0	2
871	1	0	1
872	2	1	1
873	1	0	1
874	1	0	1
875	4	1	3
876	1	0	1
877	1	0	1
878	1	0	1
879	1	1	0
880	1	0	1
881	1	0	1
882	1	1	0
883	1	1	0
884	1	0	1
885	1	0	1
886	1	0	1
887	2	0	2
888	1	0	1
889	2	1	1
890	1	0	1
891	4	1	3
892	1	1	0
893	2	0	2
894	4	3	1
895	1	0	1
896	5	1	4
897	3	0	3
898	1	0	1

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
899	2	0	2
900	1	0	1
901	1	0	1
902	2	0	2
903	2	1	1
904	2	0	2
905	4	0	4
906	1	0	1
907	3	0	3
908	1	0	1
909	5	0	5
910	7	0	7
911	3	0	3
912	3	0	3
913	2	0	2
914	3	0	3
915	10	1	9
916	2	0	2
917	2	0	2
918	3	0	3
919	2	0	2
920	1	0	1
921	1	1	0
922	2	0	2
923	7	0	7
924	1	0	1
925	1	1	0
926	3	0	3
927	6	1	5
928	3	1	2
929	1	1	0

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
930	1	0	1
931	2	0	2
932	2	0	2
933	2	0	2
934	2	1	1
935	2	0	2
936	1	1	0
937	1	0	1
938	1	0	1
939	1	1	0
940	2	1	1
941	2	0	2
942	1	0	1
943	1	0	1
944	2	0	2
945	1	0	1
946	2	0	2
947	1	1	0
948	1	0	1
949	1	0	1
950	1	0	1
951	2	1	1
952	1	0	1
953	1	0	1
954	3	0	3
955	1	0	1
956	2	0	2
957	1	0	1
958	2	0	2
959	3	0	3
960	1	0	1

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas	Nº de acidentes c/ danos materiais
961	1	0	1
962	1	0	1
963	5	0	5
964	1	0	1
965	1	0	1
966	2	0	2
967	2	0	2

ANEXO V

Software LIMDEP

```
--> sample;1-1055$
--> NEGBIN;Lhs=ACIDTOTA;Rhs=ONE,LTMDP,LTMDS,DUMMY4r,DummySL$
```

```
+-----+
| Poisson Regression |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Model estimated: Feb 18, 2013 at 09:04:44PM. |
| Dependent variable ACIDTOTA |
| Weighting variable None |
| Number of observations 1055 |
| Iterations completed 7 |
| Log likelihood function -2014.467 |
| Number of parameters 5 |
| Info. Criterion: AIC = 3.82837 |
| Finite Sample: AIC = 3.82843 |
| Info. Criterion: BIC = 3.85189 |
| Info. Criterion:HQIC = 3.83729 |
| Restricted log likelihood -2207.506 |
| McFadden Pseudo R-squared .0874464 |
| Chi squared 386.0771 |
| Degrees of freedom 4 |
| Prob[ChiSq > value] = .0000000 |
+-----+
```

```
+-----+
| Poisson Regression |
| Chi- squared = 2103.28415 RsqP= .1431 |
| G - squared = 2045.41044 RsqD= .1588 |
| Overdispersion tests: g=mu(i) : 8.485 |
| Overdispersion tests: g=mu(i)^2: 7.521 |
+-----+
```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[|Z|>z]	Mean of X
Constant	-3.38909362	.37051796	-9.147	.0000	
LTMDP	.32793975	.03803495	8.622	.0000	9.60164716
LTMDS	.07365417	.00901290	8.172	.0000	6.95332183
DUMMY4R	.12907189	.04715520	2.737	.0062	.45497630
DUMMYSL	.38872676	.05559336	6.992	.0000	.55924171

Normal exit from iterations. Exit status=0.

```
+-----+
| Negative Binomial Regression |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Model estimated: Feb 18, 2013 at 09:04:44PM. |
| Dependent variable ACIDTOTA |
| Weighting variable None |
| Number of observations 1055 |
| Iterations completed 11 |
| Log likelihood function -1884.140 |
| Number of parameters 6 |
| Info. Criterion: AIC = 3.58320 |
| Finite Sample: AIC = 3.58328 |
| Info. Criterion: BIC = 3.61142 |
| Info. Criterion:HQIC = 3.59390 |
| Restricted log likelihood -2014.467 |
+-----+
```

```
| McFadden Pseudo R-squared      .0646959 |
| Chi squared                    260.6557  |
| Degrees of freedom             1        |
| Prob[ChiSq > value] =         .0000000 |
| NegBin form 2; Psi(i) = theta |
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable| Coefficient | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z]| Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+
Constant|   -3.17517770 |   .46734231   | -6.794 | .0000 |
LTMDP   |    .30311705  |   .04866053   |  6.229 | .0000 | 9.60164716
LTMDS   |    .07575561  |   .01113490   |  6.803 | .0000 | 6.95332183
DUMMY4R |    .12623703  |   .06728179   |  1.876 | .0606 | .45497630
DUMMYSL |    .40873695  |   .06649846   |  6.147 | .0000 | .55924171
-----+-----+-----+-----+-----+
Dispersion parameter for count data model
Alpha   |    .50216683  |   .05221233   |  9.618 | .0000 |
```

--> NEGBIN;Lhs=ACIDvit;Rhs=ONE,LTMDP,LTMDS,DUMMY4r,DummySL\$

```
+-----+
| Poisson Regression |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Model estimated: Feb 18, 2013 at 09:05:28PM. |
| Dependent variable ACIDVIT |
| Weighting variable None |
| Number of observations 1055 |
| Iterations completed 8 |
| Log likelihood function -879.0750 |
| Number of parameters 5 |
| Info. Criterion: AIC = 1.67597 |
| Finite Sample: AIC = 1.67603 |
| Info. Criterion: BIC = 1.69948 |
| Info. Criterion:HQIC = 1.68488 |
| Restricted log likelihood -952.8778 |
| McFadden Pseudo R-squared .0774525 |
| Chi squared 147.6056 |
| Degrees of freedom 4 |
| Prob[ChiSq > value] = .0000000 |
+-----+
```

```
+-----+
| Poisson Regression |
| Chi- squared = 1467.34637 RsqP= .0631 |
| G - squared = 1075.79087 RsqD= .1207 |
| Overdispersion tests: g=mu(i) : 3.486 |
| Overdispersion tests: g=mu(i)^2: 2.743 |
+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable| Coefficient | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z]| Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+
Constant|   -5.21234635 |   .80270462   | -6.493 | .0000 |
LTMDP   |    .33127330  |   .08234963   |  4.023 | .0001 | 9.60164716
LTMDS   |    .06673369  |   .01970072   |  3.387 | .0007 | 6.95332183
DUMMY4R |    .57872862  |   .10539545   |  5.491 | .0000 | .45497630
DUMMYSL |    .46783618  |   .12378033   |  3.780 | .0002 | .55924171
```

Normal exit from iterations. Exit status=0.

```

+-----+
| Negative Binomial Regression |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Model estimated: Feb 18, 2013 at 09:05:28PM. |
| Dependent variable          ACIDVIT |
| Weighting variable          None |
| Number of observations      1055 |
| Iterations completed        10 |
| Log likelihood function     -862.4028 |
| Number of parameters        6 |
| Info. Criterion: AIC =      1.64626 |
| Finite Sample: AIC =       1.64634 |
| Info. Criterion: BIC =      1.67448 |
| Info. Criterion:HQIC =     1.65696 |
| Restricted log likelihood   -879.0750 |
| McFadden Pseudo R-squared  .0189656 |
| Chi squared                 33.34439 |
| Degrees of freedom          1 |
| Prob[ChiSqd > value] =     .0000000 |
| NegBin form 2; Psi(i) = theta |
+-----+
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable| Coefficient | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z]| Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+
Constant| -4.88208674 | .71092573 | -6.867 | .0000 |
LTMDP | .29879109 | .07471048 | 3.999 | .0001 | 9.60164716
LTMDS | .06470018 | .02264194 | 2.858 | .0043 | 6.95332183
DUMMY4R | .57110818 | .12236602 | 4.667 | .0000 | .45497630
DUMMYSL | .47506697 | .13424478 | 3.539 | .0004 | .55924171
-----+Dispersion parameter for count data model
Alpha | .67216657 | .17295879 | 3.886 | .0001

```

ANEXO VI

Frequência de acidentes total e por gravidade das 60 interseções identificadas (informação base do método frequência média de acidentes EADM)

Interseção n°	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas mortais	Nº de acidentes c/ feridos	Nº de acidentes c/ danos materiais
1	23	0	10	12
6	26	0	4	21
10	31	0	2	28
12	22	0	0	22
15	10	0	1	8
18	30	0	4	25
22	36	0	0	36
23	14	0	4	10
27	15	1	2	12
28	10	0	1	9
30	20	0	4	16
63	10	0	3	6
67	10	0	1	8
77	30	0	6	24
78	15	0	3	12
84	15	0	2	12
95	10	0	3	7
98	29	0	5	21
106	17	0	1	16
125	15	0	5	9
132	14	0	4	10
134	31	0	7	24
135	24	0	4	20
139	11	0	3	8
142	11	0	7	4
155	15	0	4	11
156	10	0	2	8
160	15	0	1	14
172	11	0	0	11
178	32	0	4	27
195	10	0	0	10

Interseção nº	Nº de acidentes	Nº de acidentes c/ vítimas mortais	Nº de acidentes c/ feridos	Nº de acidentes c/ danos materiais
210	17	0	6	10
211	20	0	8	12
212	12	0	1	11
227	21	0	8	13
228	28	0	7	21
259	23	0	3	20
270	17	0	3	14
274	12	0	4	8
280	17	0	2	15
282	10	0	3	7
286	10	0	1	9
296	12	0	2	10
302	14	0	3	11
315	12	0	10	2
333	13	0	1	12
345	12	0	3	9
347	18	0	3	15
349	15	1	4	10
359	10	1	2	7
362	11	0	6	5
378	17	0	2	15
401	18	0	6	12
406	12	0	3	9
422	11	0	1	10
464	25	0	8	17
492	20	0	5	14
513	10	0	3	7
636	19	0	6	13
721	10	0	1	9

ANEXO VII

Ficha de apoio (exemplar)

Interseção nº _____

Arruamentos:

1. _____

2. _____

Esquema:



Características:

Interseção nº	Tipo de sinalização	Nº de ramos	Classificação funcional	TMDA	
				Principal	Secundário

Acidentes:

Inter nº	Ano	Nº acidentes por gravidade			Nº de acidentes por tipo						
		Morto	Ferido	Danos materiais	Colisão			Despiste	Atropelamento	Outro	
					Traseira	Frontal	Lateral				

Função de previsão de acidentes (FPA) calibrada para condições locais:

Sim ___

Não ___