

Estudo de atropelamentos em passadeiras e avaliação de um sistema inovador de redução de velocidade

JOÃO MIGUEL OLIVEIRA SÁ

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

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 - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015*.

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.

À minha família,

A persistência é o caminho do êxito.

Charlie Chaplin

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao orientador desta Dissertação, Professor José Pedro Maia Pimentel Tavares, por se demonstrar disponível para, objetivamente e com clareza, ajudar e aconselhar sempre que foi necessário.

Agradeço ao Doutor Engenheiro Francisco João Anastácio Duarte, pelas orientações, pelo planeamento do trabalho, pelo fornecimento de literatura imprescindível, e pela cordialidade de me acolher no escritório da empresa.

Agradeço particularmente à minha Madrinha pelo conhecimento transmitido, essencial no desenvolvimento do modelo estatístico e na elaboração da Dissertação nesse capítulo. Sem ela este trabalho não seria possível.

Agradeço especialmente à Guarda Nacional Republicana, à Polícia de Segurança Pública e à Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária pela disponibilidade e cordialidade demonstradas no auxílio imprescindível à realização desta Dissertação.

Agradeço aos Professores que me acompanharam ao longo do Mestrado Integrado, por todo o conhecimento transmitido, pelo método de trabalho ensinado, pela formação pessoal e académica, e pelo bom ambiente presente durante as aulas.

Agradeço à minha família, pela educação, pelo esforço, compreensão e ferramentas exigidos que tornaram possível a elaboração desta Dissertação e o sucesso académico nos últimos anos.

Agradeço aos meus colegas de curso e amigos, pela companhia, pela discussão e esclarecimento de dúvidas, pela socialização, e pela partilha de boas energias ao longo do percurso académico.

RESUMO

No desenvolvimento deste trabalho procura-se, primeiramente, expor a motivação para a sua realização, isto é, justificar a necessidade de mitigar a frequência de atropelamentos de peões em passareiras (e consequente diminuição do nível de gravidade das vítimas resultantes) ocorridos atualmente em todo o mundo, contextualizando a problemática geral da sinistralidade rodoviária. Também, inicialmente, explica-se de que forma o sistema inovador de *Pavement Energy Harvesting* pode contribuir para essa necessidade, já que este sistema se apresenta como uma novidade no mercado, comparativamente com outras medidas de mitigação já implementadas e testadas.

Tendo em conta que este sistema inovador ainda não está implementado no terreno, revela-se imperativo desenvolver um modelo estatístico para compreender qual o potencial impacto do mesmo na segurança rodoviária de peões em passareiras, concretamente de que forma o sistema PEH atua para diminuir o nível de gravidade da vítima resultante de um eventual atropelamento de peões. Adicionalmente a este objetivo principal, define-se uma medida de classificação das secções rodoviárias em passareiras, denominada “Índice de Perigosidade”, que espelha a maior ou menor propensão de uma vítima resultante de um atropelamento nessas secções ser fatal ou não-fatal.

A aplicação de um modelo de regressão logística binária assume-se como essencial para atingir os objetivos deste trabalho, na medida em que dele resultam as principais variáveis (características inerentes a secções rodoviárias que incluem passareira) que influenciam (e de que forma) a ocorrência de atropelamentos de peões com vítimas, neste tipo de secções.

Definidas as variáveis significativas (influentes) na ocorrência deste tipo de acidente rodoviário, e aquelas controláveis (e por isso, possivelmente contribuidoras para a atenuação deste tipo de sinistralidade rodoviária) pelo sistema PEH, procede-se à verificação de quais delas fazem parte dos dois tipos de características, em simultâneo.

O impacto do sistema na redução do nível de gravidade das vítimas resultantes de atropelamentos de peões em passareiras será, de uma forma simplista, potencialmente tanto maior quanto maior o número de variáveis simultaneamente influentes e controláveis existentes.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança Rodoviária, Peões, Atropelamentos, Passadeiras, Modelo de Regressão Logística Binária.

ABSTRACT

Firstly, there is a will to expose what is the motivation for the development of this thesis, namely justifying the need to mitigate vehicle-pedestrian collisions on crosswalks sections (and consequent reduction of the resulting victims' injury severity level) occurred nowadays all over the world, contextualizing the concerns related to road accidents, as a whole problem in the society. Also, at the initial phase of this document, there's an explanation on how the *Pavement Energy Harvesting* system can contribute to this necessity, since it offers unique and new contributions to the road safety, comparing it with other implemented and tested mitigation measurements.

Considering that this innovative system is not yet implemented on any roadway, the development of a statistical model is found to be imperative in the sense that it is a way to greater understand the potential impact of the PEH system on the pedestrian safety at crosswalks sections, that is, how does the PEH system works to mitigate the injury severity level of the resulting victims from an eventual vehicle-pedestrian collision. Additionally to this main goal, a classification measure for these type of road sections is defined ("Índice de Perigosidade") to easily demonstrate which is the most expected type of victim to result from a vehicle-pedestrian collisions at a crosswalk section – fatal or non-fatal.

The development of a binary logistic regression model is essential to accomplish the aim of this thesis, because its results define the main variables (characteristics from crosswalks' road sections) that induce (and at what rate) the occurrence of victims resulting from pedestrian-vehicle collisions on this particular road sections.

Having defined the significant (influential) variables and the ones controllable by the PEH system (the ones which can contribute for the attenuation of this kind of road accident), it is time to verify which ones are part of both variable groups, simultaneously.

The system impact on the reduction of the resulting victims' injury severity level from pedestrian-vehicle collisions will, from a simplistic point of view, potentially be as higher as the number of variables that are coincidentally influential and controllable.

KEYWORDS: Road safety, Pedestrians, Vehicle-Pedestrian collisions, Crosswalks, Binary Logistic Regression Model.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PREÂMBULO.....	1
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	3
2. ENQUADRAMENTO.....	5
2.1. ACIDENTE RODOVIÁRIO.....	5
2.2. VÍTIMA.....	6
2.3. CUSTO ECONÓMICO E SOCIAL.....	8
2.4. ACIDENTE RODOVIÁRIO ENVOLVENDO PEÕES.....	9
2.4.1. PASSAGEM DE PEÕES.....	10
2.4.2. SINALIZAÇÃO LUMINOSA.....	12
2.4.3. LESÕES.....	12
2.4.4. PRINCIPAIS CAUSAS.....	13
2.5. IMPACTO DA SINALIZAÇÃO NA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA DE PEÕES.....	14
2.5.1. SINALIZAÇÃO NÃO-LUMINOSA.....	14
2.5.2. SINALIZAÇÃO LUMINOSA - SEMÁFOROS.....	15
2.6. IMPACTO DA ILUMINAÇÃO NA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA DE PEÕES.....	16
2.7. IMPACTO DA VELOCIDADE NA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA DE PEÕES.....	17
3. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO.....	19
3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	19
3.2. PROJETOS PARA MELHORIA DA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA.....	20
3.2.1. SALVAR VIDAS.....	20
3.2.2. PENSE 2020.....	20
3.2.3. VISÃO ZERO.....	21
3.3. MEDIDAS IMPLEMENTADAS.....	24
3.4. SISTEMA PEH.....	29

4. METODOLOGIA	31
4.1. OBJETIVOS	31
4.2. REGISTO DE ACIDENTES RODOVIÁRIOS ENVOLVENDO PEÕES - PSP	31
4.3. DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	32
4.3.1. ALGUNS CONCEITOS	37
4.3.2. ANÁLISE DESCRITIVA	39
4.4. ÍNDICE DE PERIGOSIDADE	42
4.4.1. OBTENÇÃO DOS CUSTOS MÉDIOS POR TIPO DE VÍTIMA EM 2020	42
4.5. MODELO ESTATÍSTICO	44
4.5.1. JUSTIFICAÇÃO	44
4.5.2. DESCRIÇÃO DO MODELO	45
4.5.3. ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO	46
4.5.4. TESTES PARA AVALIAR A SIGNIFICÂNCIA DOS PARÂMETROS DO MODELO	47
4.5.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	48
5. CONCLUSÕES	54
5.1. POTENCIAL IMPACTO DO SISTEMA PEH	54
5.2. ESTUDOS FUTUROS	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	61
A1. INQUÉRITO - PSP	62
A2. FREQUÊNCIAS DAS MODALIDADES POR TIPO DE VÍTIMA	64
A3. EXEMPLO DE REGISTO NO EXCEL DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS (FERIDO GRAVE)	66
A4. TABELAS DE FREQUÊNCIA DE ALGUMAS MODALIDADES	68

A5. GRÁFICOS DE PIZZA DE ALGUMAS MODALIDADES.....	75
A6. CUSTOS ECONÓMICOS E SOCIAIS ANUAIS DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS EM PORTUGAL (1996-2010).....	80
A7. CUSTOS MÉDIOS ANUAIS DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS POR TIPO DE VÍTIMA EM PORTUGAL (1996-2010)	82
A8. ESTIMAÇÃO DO CUSTO MÉDIO DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS POR TIPO DE VÍTIMA EM PORTUGAL (2020)	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 - Evolução do número de feridos graves em acidentes rodoviários em Portugal registados pelos hospitais e pela Polícia (2000-2009) (ETSC 2017)	7
Fig. 2.2 – Passadeira constituída por barras longitudinais paralelas ao eixo da via.....	11
Fig. 2.3 – Passadeira constituída por duas linhas transversais contínuas.....	11
Fig. 2.4 – Sinalização luminosa para veículos.....	12
Fig. 2.5 – Sinalização luminosa para peões.....	12
Fig. 2.6 – Risco de lesão relativo nas diferentes estações do ano (2007) (Tarko and Azam 2011).....	13
Fig. 2.7 – Sinal de aproximação a uma passagem de peões.....	14
Fig. 2.8 - Sinal de perigo na chegada a uma passagem de peões.....	15
Fig. 2.9 – Campo de visão de um condutor a diferentes velocidades (Wolfe, Dobres et al. 2017).....	17
Fig. 2.10 – Distribuição cumulativa das velocidades médias de atropelamento, por grupo de severidade de danos sofridos (Kröyer 2015).....	17
Fig. 2.11 – Curva de Ashton.....	18
Fig. 2.12 - Distância de travagem (em metros) em diferentes velocidades (incluído o tempo de reação de cerca de 1 segundo) (WHO 2017).....	18
Fig. 3.1 – Ações cronológicas para atingir a Visão Zero em 2050 (Ecola, Popper et al. 2018).....	22
Fig. 3.2 – LRV implementada.....	25
Fig. 3.3 – Sinal de aproximação a uma LRV.....	26
Fig. 3.4 – Guia sonora implementada.....	26
Fig. 3.5 – Passadeira ‘Puffin’ implementada.....	26
Fig. 3.6 – SEM Lybra implementado.....	27
Fig. 3.7 – SEM Actibump implementado.....	27
Fig. 3.8 – SEM Tope Inteligente implementado.....	28
Fig. 3.9 – SEM Vivadén implementado.....	28
Fig. 3.10 – Funcionalidades do Sistema ISA.....	29
Fig. 3.11 – Representação (em formato Computer Aided Design (CAD)) do sistema PEH.....	30
Fig. 3.12 - Simulação 3D do produto final pretendido para o sistema PEH (Duarte 2017).....	30
Fig. 4.1 – Imagem de uma secção da Av. Almirante Reis, em Lisboa.....	38
Fig. 4.2 – Imagem de uma secção da Av. João Paulo II, em Arcozelo.....	38
Fig. 4.3 – Imagem de uma secção da EN15, em Amarante.....	39
Fig. 4.4 - Imagem de uma secção da Rua Oriental, em Perafita.....	39
Fig. 4.5 – Relação logística entre a fatalidade do peão e as variáveis independentes (Hair, 2003)....	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tab. 3.1 – Mudança de paradigma na prevenção de acidentes rodoviários.....	23
Tab. 4.1 – Lista das características e modalidades analisadas.....	34
Tab. 4.2 – Relação entre Índice de perigosidade e classificação da vítima.....	44
Tab. 4.3 – Codificação da variável dependente.....	48
Tab. 4.4 – Testes de Omnibus do Modelo de Coeficientes.....	48
Tab. 4.5 – Resumo do Modelo.....	50
Tab. 4.6 – Teste de Hosmer e Lemeshow.....	50
Tab. 4.7 – Tabela de Classificação do Modelo.....	51
Tab. 4.8 – Variáveis na equação do Modelo.....	51
Tab. 4.9 – Análise da influência das variáveis significativas.....	53
Tab. 5.1 – Tabela de comparação entre as variáveis influentes e as controláveis pelo sistema PEH.....	54

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

OMS - Organização Mundial de Saúde

PENSE 2020 - Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária

PEH - Pavement Energy Harvesting

ANSR - Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária

GNR – Guarda Nacional Republicana

BT - Brigada de Trânsito

PSP - Polícia de Segurança Pública

IDB - Injury Database

TDM – Tráfego Diário Médio

SEI - Sistema Estratégico de Informações

BEAV - Boletim Estatístico Acidentes Viação

GPS - Global Positioning System

LRV – Lomba Redutora de Velocidade

SEM – Sistema Eletromecânico

ETSC - European Transport Safety Council

CAD – Computer Aided Design

LED - Light Emitting Diode

Fig. - Figura

Tab. - Tabela

Av. - Avenida

1

INTRODUÇÃO

1.1. PREÂMBULO

Atualmente, em todo o mundo, os acidentes rodoviários contribuem para o decréscimo da qualidade de vida, podendo-se afirmar que são um dos principais problemas afetos à saúde pública.

Dentro dos acidentes rodoviários convém salientar que a nível mundial, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 50% das mortes (WHO 2018) provocadas por acidentes rodoviários envolvem os utilizadores vulneráveis. Em Portugal, a sinistralidade com peões apresenta valores muito elevados e claramente superiores à média europeia (ANSR 2018).

Adicionalmente, convém referir que o número de vítimas ocorridos na via pública é aproximadamente cinco vezes maior do que aquele registado pelas autoridades (WHO 2013). Especificamente, os registos oficiais relativos à sinistralidade rodoviária demonstram-se tendencialmente desfavoráveis aos utilizadores viários vulneráveis, como é o caso dos peões uma vez que, em muitos países, os acidentes envolvendo peões não estão relatados nas estatísticas oficiais de acidentes de trânsito. Objetivamente, este tipo de vítimas corresponde a 70% da totalidade das mesmas que são reportadas nos hospitais, mais do que aquelas reportadas pela polícia (50%) (Bauer, Steiner et al. 2017).

Tendo presente os utilizadores vulneráveis, o excesso de velocidade do veículo é considerado uma das principais causas para a ocorrência de atropelamentos de peões. Tal é sustentado por algumas evidências, tais como (Bauer, Steiner et al. 2017):

- O aumento da velocidade faz com que o condutor do veículo perca as suas capacidades cognitivas e visuais, o que se traduz na diminuição do ângulo do campo de visão e do tempo de reação;
- Quanto maior a velocidade, mais longa é a distância de travagem e, consequentemente, maior é o risco de ocorrência de um acidente.

Neste sentido, as passeadeiras são uma medida essencial para auxiliar os peões a movimentar-se em segurança e de forma conveniente ao atravessar a estrada. No entanto, verifica-se que as velocidades

praticadas pelos condutores na aproximação aos locais de atravessamento de peões é, habitualmente, acima do limite (Acela, Costa et al. 2019).

No que se refere a medidas de mitigação e de uma forma genérica, certos estudos demonstram que a iluminação pública previne acidentes rodoviários e consequentes vítimas. De facto, a iluminação chega a reduzir em 65% o número de fatalidades e em 30% o número de feridos provocados por acidentes rodoviários, durante a noite. Assim, a ausência de iluminação junto das passeadeiras é considerada um dos principais fatores de risco associados à ocorrência de acidentes por atropelamento (Czajewski, Dąbkowski et al. 2013).

Por último, refira-se que a vulnerabilidade física do corpo humano deverá ser um parâmetro em consideração no desenvolvimento de medidas de mitigação relativas ao sistema rodoviário, sendo esta fortemente relacionada com a gestão de velocidade (WHO 2013).

Deste modo, para melhor explicar o que foi desenvolvido no âmbito do presente trabalho, serão abordados 3 projetos com vista a reduzir o número de fatalidades e feridos resultantes de acidentes rodoviários:

- a) Salvar VIDAS;
- b) Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária (PENSE 2020);
- c) Visão Zero.

No seguimento destes projetos, serão identificadas medidas de mitigação já implementadas e em utilização. Medidas estas que se dividem nas seguintes 4 categorias de aplicação:

- a) Sinalização;
- b) Alterações ao perfil transversal da via;
- c) Instalações no pavimento;
- d) Outras.

Finalmente, será introduzido em estudo o sistema *Pavement Energy Harvesting* (PEH), que é o objeto principal deste trabalho, na medida em que as conclusões do mesmo dependem das implicações que este sistema acarreta para a segurança rodoviária afeta aos peões em passeadeiras.

Numa descrição breve, este sistema consiste num pavimento rodoviário inovador, concebido para mitigar o número de atropelamentos de peões (e consequentes vítimas) em passeadeiras. Esta melhoria na sinistralidade rodoviária é potencialmente concretizada através da ocorrência de dois fenómenos:

- a) Geração de energia elétrica a partir de reduzidas variações de energia potencial (causadas pelas cargas dos veículos), que permitirá alimentar dispositivos de iluminação *Light Emitting Diode* (LED) - alertando assim os intervenientes para que sejam mais conscientes e prevenidos aquando da chegada à passeadeira – e/ou postes de iluminação pública;
- b) Diminuição da velocidade do veículo através da absorção da energia mecânica, diminuindo assim, consideravelmente, o risco de colisão entre veículo e peão, quando este faz o atravessamento da estrada pela passeadeira.

1.2. OBJETIVOS

Pretende-se com este trabalho avaliar o potencial impacto do sistema PEH na segurança rodoviária, em ambiente urbano, envolvendo peões, especificamente no atravessamento em passadeiras. Adicionalmente, como perspetiva de enriquecimento do trabalho, surgiu a oportunidade de definir o “Índice de perigosidade” de uma qualquer secção rodoviária que inclua passadeira. Este índice é tanto maior quanto maior for a gravidade da vítima resultante de um atropelamento de peões nessa secção. Para avaliar o potencial impacto do sistema PEH na segurança rodoviária verificar-se-á se as principais causas dos atropelamentos de peões em passadeiras coincidem com as variáveis que são controláveis pelo sistema PEH. Quanto mais causas deste tipo de acidente se relacionarem com as variáveis de atuação do sistema, maior será o potencial impacto do pavimento rodoviário inovador na redução da gravidade das vítimas resultantes de atropelamentos envolvendo peões.

Com vista à determinação do “Índice de perigosidade”, serão definidas 2 fórmulas de cálculo (1 para cada tipo de vítima resultante - fatal ou não-fatal), que dependem das frequências das modalidades correspondentes às características das secções presentes na base de dados utilizada na metodologia, e dos custos médios dos acidentes rodoviários por tipo de vítima em Portugal (atualizado para o ano de 2020, através do estudo de Donário e Santos (2012)). Com vista à definição das principais causas deste tipo de acidentes rodoviários e à determinação do “Índice de perigosidade” (que implica estimar, previamente, o tipo de vítima resultante e determinar as frequências das modalidades das secções observadas) desenvolveu-se uma metodologia no programa de cálculo automático SPSS.

Com o auxílio da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) e da Guarda Nacional Republicana (GNR), que cordialmente disponibilizaram os respetivos relatórios de sinistralidade rodoviária (ANSR 2020), foi possível definir, como base de dados da metodologia, 39 secções rodoviárias que incluem passadeiras, onde ocorreram atropelamentos de peões, em Portugal Continental, entre 2012 e 2014, bem como em 2019 e em 2020 (até Abril, inclusivamente).

Também a Polícia de Segurança Pública (PSP) colaborou para que este trabalho fosse mais elaborado e completo, na medida em que foi realizado um questionário, em que foram colocadas questões relativas ao registo, feito por esta entidade policial, de acidentes rodoviários envolvendo peões, permitindo assim explicar a existência da amostra recolhida para esta metodologia.

O programa de cálculo automático Excel permitiu a determinação das frequências das modalidades das secções observadas e, conseqüentemente, a determinação do “Índice de perigosidade” da secção respetiva.

Já a probabilidade associada ao tipo de vítima resultante em eventuais (futuros) atropelamentos de peões em passadeiras e a definição das principais causas deste tipo de acidentes foram concretizadas através do desenvolvimento de um modelo de regressão logística binária, que distingue a vítima resultante em fatal (mortal) e não-fatal (ferido grave ou ferido leve).

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este documento encontra-se dividido em 5 capítulos, incluindo o presente no qual são introduzidos a motivação, os objetivos, a evolução do trabalho (resumidamente), e a forma como se encontra organizada e sequenciada.

No capítulo 2 abordar-se-á a literatura referente ao assunto da Dissertação (acidentes rodoviários envolvendo peões) e a assuntos ou definições que advêm deste tópico. Será, por isso, um capítulo que servirá de contextualização deste problema da sinistralidade rodoviária, incutindo assim ao leitor o enquadramento necessário para a restante compreensão do trabalho desenvolvido.

Com vista à redução da sinistralidade rodoviária e consequentes vítimas daí resultantes, surgirão no terceiro capítulo referências a projetos e medidas de mitigação já implementadas, sendo ainda apresentada uma nova medida de mitigação - ainda não implementada, mas em protótipo -, oferecendo assim um meio de comparação entre esta e as outras já em utilização. Pretende-se então, nesta parte da Dissertação, perceber a eficácia e quais as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções planeadas e desenvolvidas para este efeito, assim como perceber a razão para se conceber um produto como o sistema PEH, com características diferenciadas no mercado.

O capítulo 4 espelhará a parte prática do trabalho desenvolvido. A partir dos objetivos definidos, explicar-se-á sequencialmente as várias etapas da metodologia, que passam pela descrição da amostra - ou seja, qual a base de dados que permite desenvolver a metodologia -, pela análise descritiva - nomeadamente as frequências das diferentes modalidades e as tabulações cruzadas -, pela determinação do “Índice de perigosidade”, e pela aplicação do modelo estatístico, englobando a análise estatística dos resultados.

Por último, o quinto capítulo concluirá a realização deste trabalho, na medida em que nele será avaliado o potencial impacto do sistema PEH na segurança rodoviária, a partir dos resultados obtidos pelo modelo estatístico, sendo apresentado sugestões de procedimentos para estudos futuros.

2

ENQUADRAMENTO

2.1. ACIDENTE RODOVIÁRIO

Os acidentes rodoviários são um dos principais problemas afetos à saúde pública. Tal facto, implica a diminuição da produtividade causada pelas mortes ou ferimentos graves em pessoas com idade laboral. (Duarte 2018). “The Global Burden of Disease study”, publicado pela OMS, estimou que os acidentes rodoviários se possam tornar a 6ª maior causa de morte no mundo, em 2020 (Rune Elvik 2009).

Este tipo de acontecimento tem como local de ocorrência a via pública, envolve pelo menos um veículo em movimento, com registo das entidades fiscalizadoras (em Portugal, a GNR e a PSP), dele resultando vítimas e/ou danos materiais.

Apesar das vítimas provocadas pelos acidentes rodoviários terem cada vez mais impacto, não tem sido dada a atenção suficiente, em todo o mundo, ao tópico ‘Segurança Rodoviária’ designadamente no registo, centralização e tratamento de todos os dados referentes a estes acidentes. Esta dificuldade advém do facto de a sinistralidade rodoviária não ser gerida por uma entidade nacional específica, em qualquer país. Ao invés, as diferentes responsabilidades implícitas a este objeto são distribuídas por distintas organizações. De facto, citando Michael R. Bloomberg (WHO 2018):

“Road safety is an issue that does not receive anywhere the attention it deserves – and it really is one of our great opportunities to save lives around the world.”

Por último, observa-se a existência de uma grande aleatoriedade no que respeita a causa dos acidentes, ou seja, estes são imprevisíveis. No entanto, apesar desta imprevisibilidade, os acidentes podem, ou devem mesmo, ser prevenidos. Estes são o resultado de um processo altamente complexo, em que, inerentes a estes, estão características gerais que podem ser estatisticamente modeladas.

2.2. VÍTIMA

Considera-se como vítima, no âmbito rodoviário, todo o ser humano que em consequência de acidente de viação sofre danos corporais. Concretamente, são vítimas (ANSR 2018):

- As pessoas que ficam lesionadas decorrentes de um acidente rodoviário (choque, colisão, capotamento);
- As pessoas que ficam lesionadas ao entrar ou ao sair do veículo e são atingidas por outro veículo;
- As pessoas que ficam lesionadas ao cair de veículo em movimento (por exemplo, queda de velocípede).

Por outro lado, não são consideradas como vítimas os seguintes exemplos:

- Os ocupantes de veículos em movimento que sofrem lesões por motivos não relacionados com a ocorrência de acidente (ex.: passageiro de um autocarro que se magoa em consequência de uma manobra);
- As pessoas que ficam lesionadas ao entrar ou sair do veículo (ex.: pessoa que cai ao descer do autocarro);
- As mortes ou feridos provocados por causas naturais (doença/morte súbita) ou suicídios confirmados.

Relativamente aos tipos de vítimas, existem as seguintes 3 definições:

- Vítima mortal a 24 horas (ou a 30 dias): Vítima cujo óbito ocorra no local do acidente ou durante o percurso até à unidade de saúde (ou nos 30 dias imediatos);
- Ferido grave: Vítima cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas e que não venha a falecer no período de 30 dias após o acidente;
- Ferido leve: Vítima que tenha sofrido ferimentos que não impliquem a sua hospitalização ou cuja hospitalização tenha sido inferior a 24 horas e que não venha a falecer no período de 30 dias após o acidente.

Neste ponto, convém realçar o facto de existirem muitas vítimas que não são devidamente reportadas, sendo este não registo (de uma grande percentagem de vítimas de acidentes rodoviários) uma grande contrariedade globalmente. Por isso, perceber a dimensão e as causas deste evento, assim como a acessibilidade a dados estatísticos fiáveis e de qualidade, é essencial no desenvolvimento de um sistema de informação mais fidedigno e para uma estimação mais eficaz dos fatores de risco e agravamento, que serão a base do desenvolvimento de programas de prevenção (Singh, Lakshmi et al. 2018).

Em termos estatísticos, o panorama atual indica que o número de vítimas ocorridas na via pública é aproximadamente cinco vezes maior do que aquele registado pela polícia. Ainda assim, em 25% destes acidentes, testemunhas disseram que a polícia presenciou o incidente, traduzindo assim, aparentemente, que o registo feito pela polícia não foi totalmente correto (Aldred 2018).

Relativamente ao registo de vítimas propriamente dito, em termos gerais, os acidentes fatais são os primeiros a serem registados, mas, mesmo nestes casos, os dados são incompletos. A taxa de registo de mortes varia entre 85% e 95%. As taxas de registo de ferimentos graves normalmente não ultrapassam os 60%. No caso de ferimentos leves, as taxas não ultrapassam os 30% (UE 2010).

Outra tendência generalizada é a de que o registo de acidentes não envolvendo veículos automóveis é muito menos completo do que aquele que envolve os mesmos. Isto conduz ao “subdimensionamento” do problema da segurança rodoviária, nomeadamente no que se refere aos peões.

Adicionalmente, existem características “não-reportadas” ou “mal reportadas” sendo as mais frequentes referentes ao local, à hora e à gravidade do acidente, e embora os relatórios de sinistralidade rodoviária visem responder às seguintes questões - “Quando?”, “Onde?”, “Como?”, “Quem?” e “Porquê?” – as respostas evidenciam uma amplitude considerável de características (Bhalla, Khurana et al. 2017).

Como comprovativo de que existem vítimas não-reportadas, o verdadeiro número de vítimas de acidentes rodoviários na Europa é, no mínimo, o dobro daquele referenciado nas estatísticas oficiais. De acordo com os relatórios elaborados pela polícia, em 2014, perto de 1.4 milhões de utilizadores rodoviários foram vítimas de acidentes na Europa, sendo 135000 (9,64%) destes feridos graves. Inversamente, com base em recentes estimativas feitas pela entidade europeia Injury Database (IDB) - apoiada pelos registos efetuados nos hospitais -, 4.2 milhões de vítimas ocorrem anualmente, 668000 (15,9%) das quais são internadas (feridos graves). Portanto, evidencia-se uma disparidade no número de vítimas registadas entre a polícia e os hospitais, conforme se pode verificar na Figura 2.1. (exemplo de Portugal) (ETSC 2017).

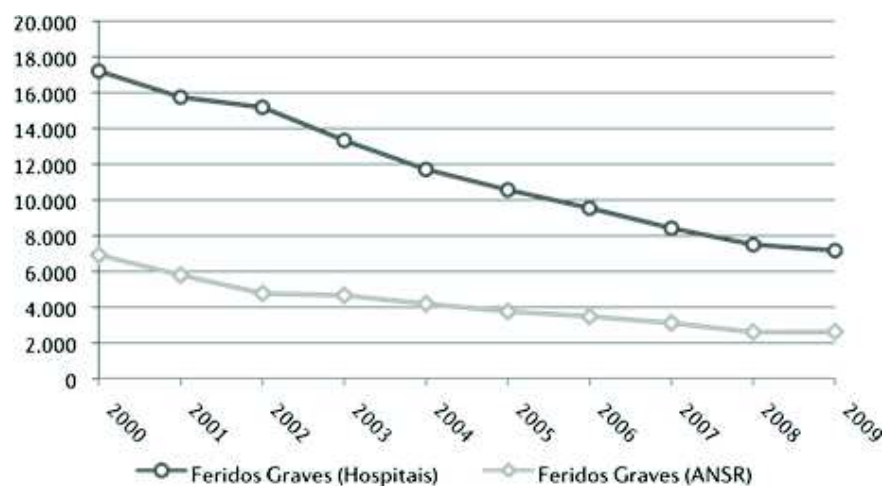


Fig. 2.1 - Evolução do número de feridos graves em acidentes rodoviários em Portugal registados pelos hospitais e pela Polícia (2000-2009) (ETSC 2017)

Concretamente, o número real de mortes e lesões de peões é, provavelmente, maior do que aquele que as estatísticas demonstram. Estatísticas da IDB relativas a 12 países da União Europeia mostram ainda que a taxa de vítimas não-reportadas é especialmente alta em peões com mais de 65 anos de idade (WHO 2013).

Alguns dos acidentes na rede viária não são registados porque não são definidos como reportáveis para a polícia. Como exemplo, parte da população mundial não vê a queda de um peão (não provocada pelo embate de um veículo) como um acidente rodoviário e por isso, as vítimas provenientes destes ‘acidentes’ não são registadas. Adicionalmente, nem todos os acidentes (reportáveis) ocorridos são registados e guardados numa base de dados, levando, assim, a que haja perda de informação.

Também, o descrédito na autoridade bem como preocupações sobre as consequências aquando do ‘self-report’ (instabilidade familiar ou degradação da imagem social) têm influência na taxa de vítimas não-reportadas (Aldred 2018). De facto, certos acidentes com vítimas não são reportados porque quem o cometeu não o assume, tendo em conta as consequências sociais negativas que eventualmente podem advir dessa confissão.

Outra razão para a falta de coordenação entre os registos feitos pelas autoridades e aqueles feitos pelos hospitais prende-se com o facto de a informação sobre as vítimas incluídas nos hospitais ser o resultado de uma avaliação médica meticulosa enquanto que o registo do número de vítimas no local do acidente feito pela polícia resulta de uma avaliação relativamente rápida e simples. Assim, quando se avaliam as medidas de mitigação, logicamente é preferível usar estimativas do número de acidentes expectável, em vez do registado.

Concluindo, torna-se óbvia a forte recomendação para se complementarem os registos elaborados pela polícia com os efetuados pelos hospitais, para uma melhor gestão da sinistralidade rodoviária.

2.3. CUSTO ECONÓMICO E SOCIAL

A utilização dos registos feitos pelas autoridades policiais para o apuramento do custo económico e social dos acidentes rodoviários leva a um enviesamento dos resultados, apurando-se um valor dos custos com feridos graves inferior ao que se obteria com a utilização do número registados pelos hospitais.

Atendendo a que a circulação rodoviária desencadeia custos e benefícios sociais (globais) que afetam, não só o condutor que decide ter determinado comportamento num veículo, mas também outros indivíduos, considerando que procuram minimizar os custos e maximizar a utilidade adveniente dos seus comportamentos e ações, o custo social (global) tende, em regra, a ser superior ao custo individual (privado).

Deste modo, o mercado de segurança e mobilidade rodoviárias falha no que concerne à eficiência, surgindo assim razões para a intervenção do Estado, através de políticas de vária natureza, de modo a que os indivíduos incorporem os custos externos que provocam, pois só assim se obterão comportamentos eficientes.

Dado que os acidentes são eventos raros na vida de qualquer indivíduo, e ocorrem pela combinação inesperada de várias circunstâncias, os indivíduos podem avaliar incorretamente as probabilidades de que o acidente se produza, dado que, de forma geral e em média, as probabilidades subjetivas são diferentes das objetivas, e quanto maior essa diferença, maior será o erro na avaliação do risco real. Por esta razão, os utilizadores da via não tomarão em conta todos os riscos que podem emergir do seu comportamento, gerando-se deste modo, ineficiência com danos para os próprios e para os outros indivíduos da sociedade.

Numa perspetiva hierárquica da sociedade, o estatuto social de uma região (pobre a rica) e a segurança rodoviária (baixa ou alta) estão intimamente relacionados: a pobreza implica uma segurança rodoviária aquém do exigido. No entanto, fatores relacionados com o comportamento humano também desempenham um papel importante (Grimm and Treibich 2010).

Sendo estes custos dependentes da gravidade da(s) vítima(s) e não da natureza do acidente, estes serão mais elevados quando associados a atropelamentos de peões pois este tipo de acidente rodoviário

provoca, geralmente, uma maior percentagem de vítimas por nº de acidente, comparativamente a acidentes de outra natureza.

O custo social dos acidentes rodoviários é função dos danos patrimoniais causados na sequência de sinistros. De um acidente rodoviário resultam, necessariamente, efeitos negativos – patrimoniais, físicos ou outros – que implicam um custo não só para o indivíduo como para a sociedade no seu todo, ou seja, verificam-se externalidades negativas.

Os custos patrimoniais são diretos ou indiretos. Os seguintes exemplos refletem tipos de custos diretos:

- Danos nos veículos e na propriedade pública e privada;
- Custos hospitalares;
- Custos de transporte;
- Custos com os funerais;
- Entidades fiscalizadoras (ex.: GNR, PSP).

Já os custos indiretos são:

- Valor da perda de produção;
- Custos administrativos das seguradoras;
- Custas judiciais;
- Honorários pagos a advogados;
- Custos de segurança ou prevenção rodoviárias;
- Custos de externalidades que afetam o ambiente.

De entre os exemplos dos custos patrimoniais indiretos, importa destacar o valor da perda de produção, que difere entre tipo de vítima. A perda de produção relativa às vítimas mortais traduz-se na perda no mercado de trabalho, mas também na vida quotidiana/doméstica (no âmbito da casa, família e comunidade) - que se estima ser aproximadamente 30% do rendimento do trabalho formal (no mercado). Portanto, a perda de produção total equivale a 1,3 vezes a perda de rendimento laboral. Relativamente aos feridos graves, isto é, vítimas incapacitadas permanentemente (total ou parcialmente), o valor da perda de produção reflete-se dentro e fora do âmbito do mercado, e nos recursos sociais (capital humano) para concretizar as necessidades da vítima.

Os custos morais (ou não patrimoniais) traduzem-se no sofrimento e dor dos acidentados feridos e da família das vítimas mortais.

Para melhor estimar os custos económicos e sociais dos acidentes rodoviários é imperativo uma maior coordenação e organização no que concerne ao registo estatístico de toda a informação relacionada com estes acidentes (Donário and dos Santos 2012).

2.4. ACIDENTE RODOVIÁRIO ENVOLVENDO PEÕES

O acidente rodoviário envolvendo peões, também denominado “atropelamento de peões”, constitui o embate de veículo com peão ou peões que circulam na via pública ou em locais sujeitos à legislação rodoviária. Observe-se que acidentes em que só o peão está envolvido (ex.: queda de um peão não provocada por nada nem ninguém) não são considerados acidentes rodoviários.

Os peões são considerados utilizadores da via vulneráveis porque são mais suscetíveis a lesões provocadas por um acidente rodoviário, do que os condutores ou passageiros de um veículo. Por conseguinte, os utilizadores vulneráveis (peões, ciclistas e motociclistas) representam a maioria das vítimas destes acidentes.

Nesse sentido, constata-se que mais de 1/5 das mortes resultantes de acidentes de trânsito, por ano, envolvem peões, sendo o risco de acidente por peão, habitualmente, inversamente proporcional à percentagem de peões no tráfego, relativamente a outros utilizadores da via (Rune Elvik 2009).

Observando a realidade de entre os diferentes grupos etários, conclui-se que os acidentes rodoviários são a principal causa de morte para pessoas com idade compreendida entre os 5 e os 29 anos, e a faixa etária mais afetada pelos atropelamentos são os idosos (Carvalho 2019). Citando Tedros Adhanom Ghebreyesus, Diretor-Geral da OMS (WHO 2018):

“We must return our streets to our children. They have a right to feel safe on them”

Note-se, ainda, que o risco de um atropelamento ser fatal é 3 vezes maior em países de baixo rendimento – onde os utilizadores da via vulneráveis são a maioria – comparativamente com o risco em países de alto rendimento. (Vilaça, Silva et al. 2017)

Ao nível da localização deste tipo de acidente, os atropelamentos de peões acontecem principalmente quando o peão realiza uma travessia, podendo este atravessamento ser realizado em travessias formalizadas (passagens de peões com ou sem sinalização luminosa) ou não.

2.4.1. PASSAGEM DE PEÕES

Também denominada “passadeira”, é um pequeno troço da via destinado ao atravessamento (transversal à direção de circulação dos veículos) de peões, com marcação no pavimento, podendo ou não ser regulada por sinalização luminosa (semáforos).

Para além de serem uma ferramenta preponderante na eficaz gestão de tráfego, as passareiras também podem providenciar um tipo de conceção paisagístico urbano único para enfatizar a presença dos peões e a sua primazia.

As passareiras podem ser de dois tipos:

- a) A constituída por barras longitudinais paralelas ao eixo da via, alternadas por intervalos regulares, indicando o local por onde os peões devem efetuar o atravessamento da faixa de rodagem;
 - a. O risco inerente ao atravessamento da estrada em secções a menos de 45 metros deste tipo de passadeira (incluindo a própria) é 30 a 50% maior do que aquele que acontece a mais de 45 metros (Antov, Rõivas et al. 2007).



Fig. 2.2 – Passadeira constituída por barras longitudinais paralelas ao eixo da via

- b) A constituída por duas linhas transversais contínuas, indicando o local por onde os peões devem efetuar o atravessamento da faixa de rodagem, podendo este tipo ser, eventualmente, apenas utilizado quando a passagem está regulada por sinalização luminosa.
 - a. O risco de atropelamento associado a este tipo de passagem de peões é aproximadamente o dobro daquele associado a passagens sem qualquer marcação no pavimento (Antov, Rôivas et al. 2007).



Fig. 2.3 – Passadeira constituída por duas linhas transversais contínuas

Em estradas com pouco volume de veículos (<3000 correspondentes ao Tráfego Diário Médio (TDM)), velocidades baixas (<32 km/h), e poucas vias de circulação (1-2), as passadeiras nem sempre são necessárias em interseções. Já em escolas, parques, praças, hospitais, etc., as passadeiras poderão ser mais benéficas independentemente das condições de tráfego. Contrariamente, em estradas com muito volume (>3000 TDM), velocidades média-alta (>32 km/h), ou com mais vias de circulação (2+), as passadeiras devem ser a norma em interseções.

A ponderação na aplicação de uma passadeira deve ter como critérios vários fatores, incluindo o uso do solo, a procura atual e futura, a complacência do peão, a velocidade, a segurança, e o historial de acidentes na secção em análise. O volume de tráfego, por si só, não é suficiente para determinar se um qualquer sistema deve ser ou não implementado.

2.4.2. SINALIZAÇÃO LUMINOSA

As passeadeiras podem ser consideradas protegidas quando são dotadas de sinalização luminosa constituída pelos sinais verde, amarelo e vermelho que servem para regular a circulação de veículos e peões, indicando-lhes os momentos em que podem avançar e parar.

a) Semáforos para os veículos:

- Sinal vermelho: passagem proibida;
- Sinal amarelo: só é permitido avançar se o veículo não conseguir parar em condições de segurança; transição do sinal verde para vermelho;
- Sinal verde: passagem permitida.



Fig. 2.4 – Sinalização luminosa para veículos

b) Semáforos para os peões:

- Sinal vermelho (silhueta de peão parado): não é permitido o atravessamento;
- Sinal verde (silhueta de peão em andamento): é permitido o atravessamento.



Fig. 2.5 – Sinalização luminosa para peões

2.4.3. LESÕES

A gravidade das lesões – na cabeça, no tórax, na pélvis e nas extremidades - é influenciada pela velocidade de impacto do veículo, pelo tipo de veículo (tamanho e peso), pela rigidez e formato do veículo e pela idade e altura do peão.

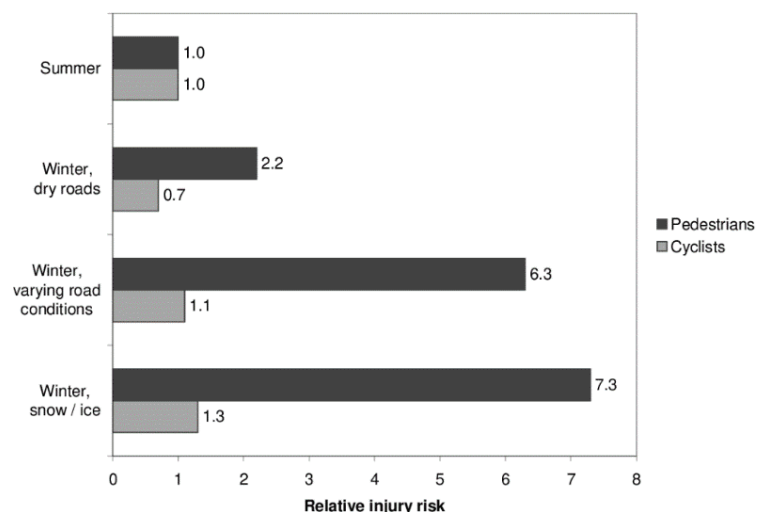


Fig. 2.6 - Risco de lesão relativo nas diferentes estações do ano (2007) (Tarko and Azam 2011)

O risco de lesão associado a peões em estradas urbanas cobertas por gelo ou neve (no Inverno) revelou ser 6 a 8 vezes maior do que o risco no Verão, conforme se verifica na Fig. 2.6. A manutenção necessária no Inverno (remover gelo ou neve das estradas) nem sempre resulta numa medida segura já que, esta pode tornar o pavimento mais escorregadio. Simultaneamente, esta ação melhora e convida a mobilidade, e aumenta a sensação (subjettiva) de segurança ao deambular (Erke 2008).

2.4.4. PRINCIPAIS CAUSAS

De seguida, constata-se as principais causas para a ocorrência de atropelamentos de peões:

a) Dificuldade em avistar os peões:

- Obstrução aos condutores provocada por: para-brisas dos veículos, postes de eletricidade, placas comerciais e veículos estacionados;
- Atenção inadequada dos condutores: por exemplo, quando se pretende virar à direita, preocupa-se quase exclusivamente em verificar se vêm carros da esquerda, ignorando assim, a possibilidade de um peão aparecer da direita;
- Quando os peões atravessam o percurso do veículo que está muito próximo e não têm tempo suficiente para parar;
- Via sem iluminação ou com iluminação inadequada;
- Falta de equipamentos de iluminação nos veículos e bicicletas;
- Não utilização de acessórios refletivos ou roupas coloridas pelos utilizadores vulneráveis da via;
- Partilha de via entre peões e veículos em alta velocidade (acima da máxima permitida por lei).

b) Distração dos condutores e/ou peões, nomeadamente, pelo uso do telemóvel:

- Num estudo realizado sobre a sinistralidade rodoviária de peões, 50% dos inquiridos, com idades compreendidas entre os 18 e os 34 anos, confessaram atender chamadas ou falar frequentemente ao telemóvel, quando circulam na via pública.

- c) Ingestão de álcool:
 - Mais de 5% do total de peões vítimas mortais e feridos graves resultam de um atropelamento em que, pelo menos um dos condutores envolvidos, apresenta uma taxa de álcool superior à permitida por lei.
- d) Infraestrutura insegura:
 - Apesar de os peões serem mais vulneráveis ao risco de lesão e consequente gravidade, devido ao facto de estarem menos protegidos do que os ocupantes dos veículos, a grande probabilidade de morte associada a estes utilizadores da via é também um reflexo da incompatível gestão da infraestrutura e da conceção física dos veículos, que priorizam a segurança de quem circula em veículos motorizados;
 - Em muitos países, é ainda perceptível a ausência de cruzamentos adequados para peões, e a permissão de velocidades praticadas pelos condutores que são demasiado altas.
- e) Excesso de velocidade do veículo:
 - O risco de lesão leve provocada por um acidente é proporcional ao quadrado da velocidade de circulação;
 - O risco de lesão grave provocada por um acidente é proporcional ao cubo da velocidade de circulação;
 - O risco de fatalidade provocada por um acidente é proporcional à quarta potência da velocidade de circulação (UE 2010).

2.5. IMPACTO DA SINALIZAÇÃO NA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA DE PEÕES

A falta de manutenção pode conduzir a uma degradação progressiva das propriedades óticas da sinalização e, no limite, originar a “perda total ou parcial” do conteúdo da sinalização, situação que, por sua vez, poderá contribuir para a sinistralidade rodoviária.

Cerca de 75% das marcações rodoviárias não cumpre com eficácia a sua função de orientação dos utilizadores da via, particularmente em períodos noturnos e com situações climatéricas adversas. (Corticeiro Neves, Camarada et al. 2018)

2.5.1. SINALIZAÇÃO NÃO-LUMINOSA

Nos atravessamentos formalizados existem dois tipos de sinais que indicam a presença de uma passeadeira (Fig. 2.7 e Fig. 2.8).



Fig. 2.7 – Sinal de aproximação a uma passagem de peões



Fig. 2.8 – Sinal de perigo na chegada a uma passagem de peões

Enquanto que o sinal azul avisa para a chegada a uma passagem de peões, o vermelho indica o perigo a esta chegada, enaltecendo o maior risco de acidentes envolvendo peões nessa passadeira. Posto isto, e tendo em conta que os critérios de avaliação da perigosidade do atravessamento numa passagem de peões não estão ainda bem definidos, na prática, a distinção entre estes dois sinais não se justifica já que, no fundo, os dois informam o condutor da mesma situação – chegada a uma passadeira, que deverá exigir, sempre, a máxima atenção por parte dos intervenientes.

Em passadeiras não reguladas por sinalização luminosa verifica-se que, em média, 1 em cada 3 condutores pára na chegada a estas interseções, quando os peões manifestam o desejo de atravessar a estrada mas, no entanto, a presença dos peões à mercê da passagem tem pouca ou nenhuma influência na velocidade dos veículos que se aproximam (Antov, Rõivas et al. 2007).

Em resumo, entre 3% e 40% dos condutores dão a prioridade de atravessamento aos peões. Esta realidade traduz um comportamento injustificável e muito errado dos condutores porque, legalmente e em condições normais, esta percentagem seria 100%. (Antov, Rõivas et al. 2007)

A segurança e facilidade de atravessamento dos peões em interseções sem sinalização luminosa pode ser imposta implementando ilhas de refúgio, sensivelmente a meio da passagem. Esta medida reduz a atenção exigida aos peões para atravessar a estrada porque passam a ter em consideração a análise dos veículos que se aproximam a partir de um menor número de vias e apenas num sentido de circulação automóvel.

2.5.2. SINALIZAÇÃO LUMINOSA - SEMÁFOROS

Interseções com este tipo de sinalização permitem aos peões atravessar a estrada durante fases sintonizadas com a sinalização dos veículos, para que estes não se encontrem em conflito com os peões. Esta consequência melhora significativamente a segurança dos peões, o que se espelha na preferência deste tipo de interseções relativamente às não reguladas por semáforos (Czajewski, Dąbkowski et al. 2013).

Um estudo desenvolvido com o objetivo de determinar qual dos tipos de interseções seria a mais segura e eficaz, concluiu que (King, Soole et al. 2009):

- 41,8% dos acidentes acontecem quando os peões atravessam legalmente passadeiras reguladas por semáforos;
- 23,4% quando os peões iniciam o atravessamento ilegalmente – desrespeitando o sinal vermelho intermitente ou fixo;
- 34,8% quando o atravessamento é feito num espaço a 20 (ou menos) metros de distância da passadeira.

Relativamente ao atravessamento ilegal por parte dos peões, um estudo realizado em Deli (Índia) demonstra que a probabilidade de um peão atravessar a rua quando é inseguro, isto é, quando o semáforo para os veículos apresenta sinal verde ou amarelo, varia com o tempo de espera a que o peão está sujeito. Os peões não tencionam esperar demasiado tempo para atravessar as ruas. À medida que o tempo de espera aumenta, os peões começam a ficar impacientes e acabam por violar a sinalização. Consequentemente, os peões tornam-se mais vulneráveis e o risco de serem atropelados aumenta exponencialmente. Assim sendo, conclui-se que a diminuição do tempo de espera resulta num decréscimo da probabilidade de o peão ser atingido por um veículo, enquanto efetua o atravessamento (Marisamynathan and Vedagiri 2013).

Apesar das vantagens mencionadas acima, estas interseções estão negativamente associadas a um custo elevado de construção e manutenção, justificando assim, a existência em maior número do outro tipo de interseção.

2.6. IMPACTO DA ILUMINAÇÃO NA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA DE PEÕES

A iluminação das estradas facilita a deteção de perigos nas vias de circulação, por parte dos condutores, melhorando as condições de visibilidade e permitindo maior agilidade de movimentos. No entanto, é também verdade que a iluminação pode ter um efeito adverso na segurança rodoviária, pois os condutores podem sentir-se (subjetivamente) seguros pela maior perceção trazida pela luz e, assim, aumentar os níveis de velocidade e reduzir os níveis de concentração exigidos para detetar um ou vários peões nas proximidades à via em que circulam.

O facto de a iluminação pública prevenir a ocorrência de acidentes rodoviários pode ser particularmente interessante para os países de baixo ou médio rendimentos, onde as políticas sobre a iluminação das estradas estão pouco desenvolvidas e a instalação destes sistemas é menos comum comparativamente à dos países de alto rendimento (Beyer and Ker 2009).

A escassez de iluminação reflete o deslocamento no período noturno ser um dos maiores fatores de risco para os peões - cerca de 1,5 a 2 vezes maior do que aquele que acontece em plena luz do dia. Quando os níveis de iluminação melhoram, os condutores mais rapidamente se apercebem da sua proximidade às interseções, e desaceleram, evidenciando assim, uma maior acuidade visual (Bivar and Santos).

No entanto, os níveis de iluminação adequados para uma zona com passeadeira não são consensuais, o que leva à não existência de regulamentação que permitiria a diminuição do número de acidentes noturnos em passeadeiras. Adicionalmente, a incidência desta iluminação deve, não só, estar direcionada para a área de atravessamento, como também para parte do passeio, onde os peões esperam pela oportunidade de atravessar a estrada.

O eventual efeito adverso da iluminação na segurança rodoviária, resulta do facto de esta poder afetar aspetos como o contraste e o brilho, dificultando a deteção dos peões, por parte dos condutores. Especificamente, a iluminação vertical (como por exemplo, os semáforos) é o parâmetro mais importante (níveis entre 20 e 40 lux) para assegurar a visualização adequada do peão pelos condutores, no sentido de promover a sua segurança.

Em suma, é logicamente recomendado implementar sistemas de iluminação em corredores urbanos com o intuito de reduzir lesões graves em peões à noite e ao nascer do dia.

2.7. IMPACTO DA VELOCIDADE NA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA DE PEÕES

Ao aumentar a velocidade, o condutor vai perdendo gradualmente as suas capacidades cognitivas e visuais devido, principalmente, a:

- O ângulo do campo de visão diminui substancialmente, podendo o condutor não se aperceber de determinados detalhes, mais propriamente movimentações nos limites dos passeios ou bermas (Fig. 2.9);
- O tempo de reação torna-se insuficiente para apreender e tratar informação necessária para tomar decisões.



Fig. 2.9 - Campo de visão de um condutor a diferentes velocidades (Wolfe, Dobres et al. 2017)

Por outro lado, analisando as figuras 2.10 e 2.11 pode-se constatar que a partir dos 30 ou 40 km/h, sensivelmente, há um aumento considerável da hipótese de fatalidade do peão.

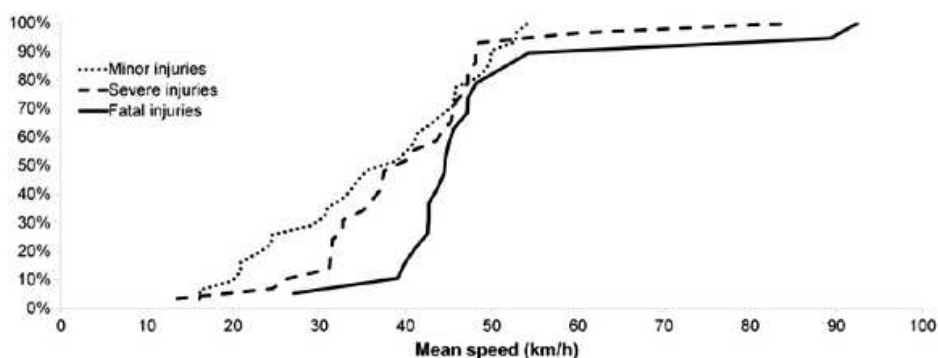


Fig. 2.10 - Distribuição cumulativa das velocidades médias de atropelamento, por grupo de severidade de danos sofridos (Kröyer 2015)



Fig. 2.11 – Curva de Ashton

Adicionalmente, constata-se na figura seguinte que existe uma clara dependência entre a velocidade de circulação permitida e a gravidade das vítimas peões em acidentes rodoviários.

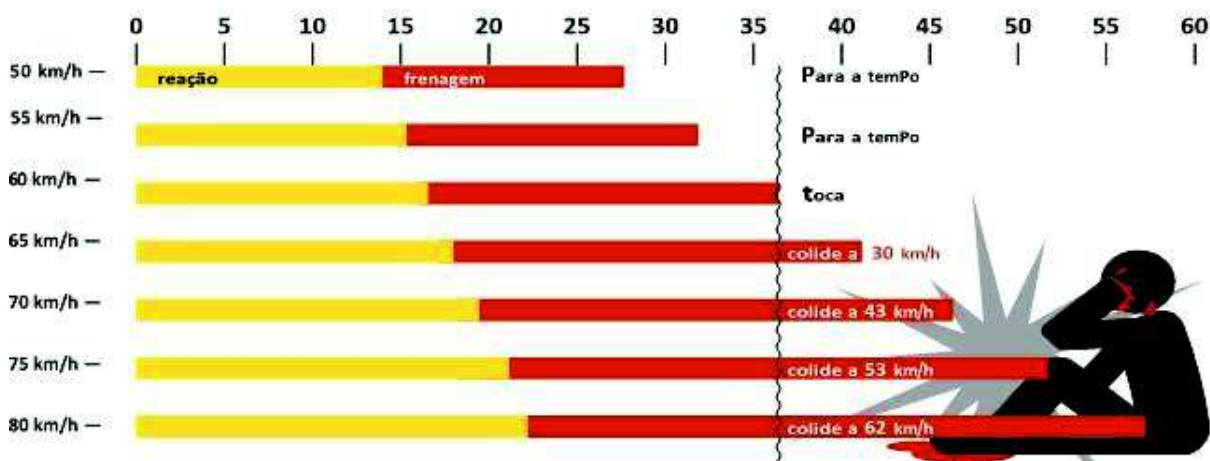


Fig. 2.12 - Distância de travagem (em metros) em diferentes velocidades (incluído o tempo de reação de cerca de 1 segundo) (WHO 2017)

Então, uma diminuição de 5% na velocidade média pode resultar numa redução de 30% no número de acidentes de trânsito fatais. Um aumento de 1 km/h na velocidade média dos veículos, resulta num aumento de 3% na incidência de colisões que resultam em lesões e num aumento de 4 a 5% na incidência de acidentes fatais.

Por último, refira-se que, como seria de esperar, a gravidade dos acidentes é maior fora das localidades pois aí, as velocidades praticadas pelos veículos são maiores.

3

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

As medidas de segurança são mais promissoras quando promovem a atividade física dos peões, e de uma forma mais segura, como por exemplo, tornar a infraestrutura pedonal menos complexa, mais intuitiva, menos exigente e mais atrativa. (Erke 2008)

A implementação destes sistemas tem como máxima que erros comuns cometidos por condutores e peões não deveriam ser objetos tão impactantes sobre o número de mortes e feridos graves. Todo o ser humano comete erros e, assim, o sistema rodoviário deve proporcionar aos utilizadores da via alguma margem, para estes antecipadamente conseguirem lidar de forma mais segura com as situações quotidianas cada vez mais exigentes. (WHO 2004)

Posteriormente, a eficácia das medidas é avaliada pela redução de vítimas mortais e feridos, bem como mudanças de comportamentos, atitudes e conhecimentos, tais como (WHO 2013):

- Reduzir a exposição de peões ao tráfego de veículos;
- Reduzir a velocidade dos veículos;
- Melhorar a visibilidade entre peões e veículos motorizados;
- Melhorar a consciencialização e o comportamento de peões e condutores;
- Melhorar o design (da frente) dos veículos para proteção de peões;
- Melhorar o atendimento a peões feridos.

Investigação e desenvolvimento substanciais feitos nas últimas décadas provaram que existe uma ampla gama de intervenções para prevenir os acidentes rodoviários e consequente redução do número de vítimas. No entanto, verifica-se um elevado intervalo temporal entre o desenvolvimento “teórico” destas medidas cientificamente comprovadas e a implementação das mesmas.

3.2. PROJETOS PARA MELHORIA DA SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA

3.2.1. SALVAR VIDAS

Este projeto (WHO 2017), desenvolvido em 2018, constitui um pacote de medidas técnicas (fundamentadas em evidências científicas) para a segurança no trânsito que tem como objetivo reduzir para metade as mortes e lesões no trânsito até 2020 e oferecer acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis e sustentáveis para todos, até 2030.

A definição das medidas teve por base os seguintes princípios centrais:

- As pessoas cometem erros que podem levar a acidentes de trânsito;
- O corpo humano tem uma capacidade física conhecida e limitada para tolerar as forças dos impactos nos acidentes;
- As pessoas são responsáveis por proceder com atenção e em conformidade com as leis de trânsito, mas existe uma responsabilidade comum entre os que projetam, constroem, administram e usam vias e veículos para prevenir acidentes que resultem em lesões graves ou mortes, e prestar atendimento pós-acidente;
- Todas as partes do sistema devem ser fortalecidas em combinação, de modo a que os utilizadores das vias continuem protegidos se uma das partes falhar.

Para tornar as medidas mais eficientes, delinearam-se os seguintes procedimentos:

- Identificar a magnitude do problema das lesões causadas pelo trânsito;
- Identificar os principais fatores de risco;
- Determinar a eficácia das medidas atuais;
- Perceber a eficiência das instituições responsáveis pela política de segurança no trânsito;
- Promover a disponibilidade de dados sobre as lesões. (WHO 2017)

3.2.2. PENSE 2020

A elaboração deste plano foi delineada de modo a garantir maior segurança para os utilizadores viários, tornar as infraestruturas e os veículos mais seguros, assim como melhorar a assistência e apoio às vítimas (República 2017).

A sua estrutura divide-se em 3 partes:

- a) Diagnóstico do estado da segurança rodoviária em Portugal e prognóstico para 2020;
 - a. Alcançar um sistema humanizado de transporte rodoviário: através de uma melhoria contínua e sustentada do desempenho deste sistema, é desejável que seja alcançado, a longo prazo, o resultado de zero mortes e zero feridos graves, reconhecendo-se assim, como imperativo ético, que “ninguém deve morrer ou ficar permanentemente incapacitado na sequência de um acidente rodoviário em Portugal”;
 - b. Prevê-se a redução de 56% do número de mortes, relativamente ao registo de 2010.
- b) Orientações gerais para o desenvolvimento da política de segurança rodoviária;
 - a. Portugal reconhece e assume que a insegurança rodoviária é um risco social quantificável, cuja dimensão é intolerável numa sociedade que procura a satisfação do bem-estar dos seus cidadãos.

c) Plano de ação.

Estrategicamente, pretende-se atingir os seguintes objetivos:

- a) Melhorar a gestão da segurança rodoviária, através do conhecimento mais aprofundado da sinistralidade rodoviária - caracterização, causas e consequências - para obter melhores resultados com os mesmos recursos;
- b) Utilizadores mais seguros, através da promoção de melhores comportamentos e da proteção dos utilizadores mais vulneráveis;
- c) Infraestrutura mais segura, através de instrumentos de avaliação e classificação do seu risco e de ferramentas que permitam a gestão da respetiva segurança;
- d) Veículos mais seguros, ao tornar o lote de viaturas usadas mais atualizado, promovendo a diminuição da idade média dos mesmos;
- e) Melhorar a assistência e o apoio às vítimas.

No âmbito deste projeto, destaque-se a Ação 14 - Projeto *SafetyCube* (“*Safety Causation, Benefits and Efficiency*”) cujo objetivo foi o de desenvolver um inovador sistema de apoio à decisão de segurança rodoviária, que possibilite aos decisores políticos e às partes interessadas selecionar e implementar as estratégias, medidas e abordagens económicas com melhor relação custo-benefício para reduzir o número de mortes e outras lesões, definindo a seguinte Classificação:

- Verde – a medida reduz, consistentemente, o risco de insegurança rodoviária;
- Verde claro – a medida reduz, inconsistentemente, o risco de insegurança rodoviária;
- Cinzento – inconclusivo;
- Vermelho – a medida não reduz, consistentemente, o risco de insegurança rodoviária, e pode até aumentá-lo. (ANSR 2018)

3.2.3. VISÃO ZERO

O projeto Visão Zero como política de segurança rodoviária foi adotado pelo Parlamento Sueco em Outubro de 1997 (Belin, Tillgren et al. 2012) não apresenta apenas um objetivo a longo-prazo que se traduz em zero mortes e zero feridos graves como consequência de acidentes rodoviários, mas também uma filosofia inovadora e radical de promoção de um paradigma alternativo.

A lógica subjacente desta política não é, por si só, atingir objetivos e metas de forma direta, mas sensibilizar o público do problema da segurança rodoviária, e assim impor pressão nos acionistas para fortalecerem os seus esforços.

Assim, Visão Zero é um exemplo marcante de comprometimento político à segurança rodoviária, que é dificilmente compreendido de uma perspetiva que não priorize a sociedade como principal interveniente na segurança rodoviária. (Belin, Tillgren et al. 2012)

As razões que justificam o uso (ou não) do conhecimento na política de segurança rodoviária são fortemente baseadas num panorama de racionalidade. Neste seguimento, definiu-se o modelo racional, que pratica o seguinte plano de ação:

- a) Definir o problema;
- b) Identificar causas;

- c) Desenvolver e testar intervenções;
- d) Implementar as intervenções testadas com sucesso.

Com vista a atingir a Visão Zero em 2050, foi definida a combinação de 3 ações (planeadas conforme a Fig. 3.1):

- a) Reforçar a aposta em programas e políticas que já demonstraram ser efetivas:
 - a. Leis e fiscalização;
 - b. Mudanças na infraestrutura rodoviária com o intuito de reduzir conflitos no tráfego;
 - c. Reduções na velocidade onde existe uma forte possibilidade de ocorrência de acidentes;
 - d. Avanços na resposta à emergência e no tratamento traumático;
 - e. Mais divulgação e educação da segurança.
- b) Acelerar avanços tecnológicos:
 - a. Sistema de última geração de assistência à condução;
 - b. Evoluir para os veículos completamente autónomos.
- c) Priorizar a segurança:
 - a. Embarcar numa nova cultura de segurança;
 - b. Adoção generalizada do “Safe System” - mudança de paradigma na definição das causas e prevenções relativas às vítimas dos acidentes rodoviários. (Ecola, Popper et al. 2018)

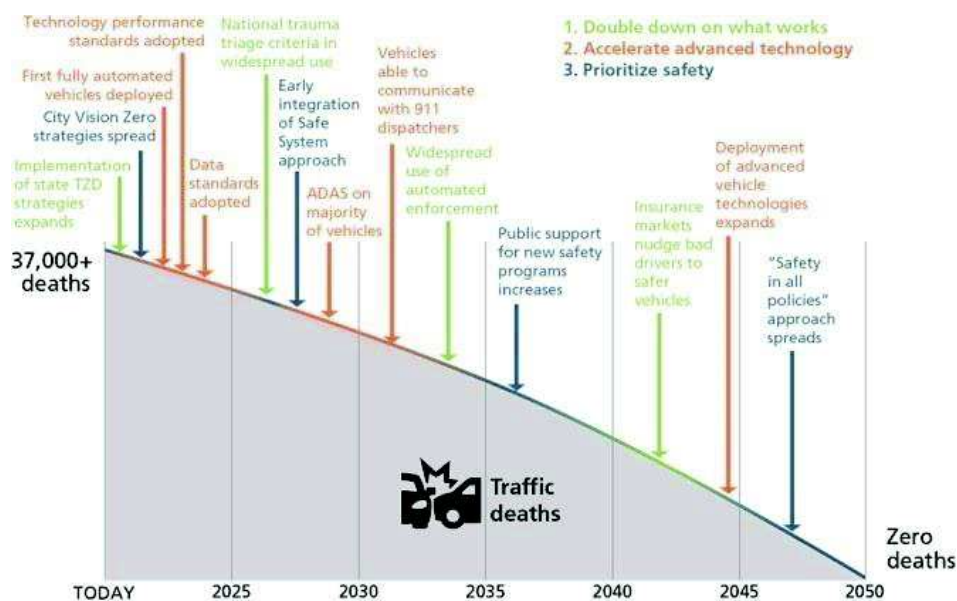


Fig. 3.1 – Ações cronológicas para atingir a Visão Zero em 2050 (Ecola, Popper et al. 2018)

Existem 4 elementos-chave para a Visão Zero (Atkins and Granhed 2012):

- a) Ética: a perda de vida ou de saúde são inaceitáveis e, por isso, o sistema rodoviário deve ser projetado para prevenir tais acidentes;
- b) Responsabilidade: a segurança é uma responsabilidade partilhada entre os utilizadores da via para seguirem regras básicas, os projetistas do sistema rodoviário, os fiscalizadores e os socorristas, na medida em que, se os primeiros falharem no cumprimento das regras, os outros terão de redesenhar o sistema;

- c) Filosofia de segurança: as pessoas vão cometer erros, por isso os acidentes são inevitáveis e, assim sendo, nenhum acidente deve ser tão severo ao ponto de acarretar consequências que excedam a tolerância do corpo humano;
- d) Mecanismo para a mudança: o propósito do sistema rodoviário é possibilitar a sobrevivência e práticas saudáveis para um indivíduo, em vez de promover a mobilidade dos utilizadores.

Os elementos de projeto complementam os elementos de fiscalização, e em conjunto formam uma rede de medidas de segurança destinadas a abrandar o tráfego, providenciar refúgios seguros a peões, e reduzir conflitos rodoviários.

Na Tabela 3.1 apresenta-se de uma forma resumida a mudança de paradigma incorporada na Visão Zero.

Tab. 3.1 – Mudança de paradigma na prevenção de acidentes rodoviários

Visão Tradicional	Visão Zero
Foco nos acidentes	Foco nas fatalidades e feridos graves
Forças mecânicas excessivas sobre os humanos	Reduzir forças mecânicas às tolerâncias humanas
Comportamento perfeito do humano	Introduzir o erro humano na conceção
Fiscalização e educação – Orientadas por regulamentação	Fiscalização e educação – Orientadas pelas exigências do mercado
Responsabilidade individual	Responsabilidade partilhada
Desinteresse pela segurança	Exigência da segurança
Riscos justificáveis	Riscos injustificáveis
Solução estratégica simples	Solução estratégica complexa
Redução do risco	Eliminação do risco
Salvar vidas é dispendioso	Salvar vidas é barato

É então perceptível que, a Visão Zero não contempla um manual restrito de instruções em como aplicar as suas filosofias e princípios de conceção. Pelo contrário, são definidas linhas de orientação úteis para otimizar tarefas ou processos tais como a educação, a fiscalização e a reabilitação estrutural. (Kim, Muennig et al. 2017)

Por último, esta política demonstra como mobilidade e segurança pode ser promovido em sintonia se os princípios intervencionais forem aplicados respeitosamente.

Como exemplos de medidas implementada com vista a atingir a Visão Zero, apresentam-se os seguintes:

- a) The Victoria (Australia) approach – Radares de velocidade:
 - a. O objetivo desta medida é atingir um aumento massivo da deteção de veículos em excesso de velocidade e, em simultâneo, praticar uma campanha de publicidade de alto nível para informar os condutores do risco de virem a ser multados na eventualidade de praticarem velocidades excessivas;
 - b. O efeito da segurança rodoviária é atingido na suposição de que a perceção da possibilidade de o condutor ser detetado e multado fará com que a grande maioria destes não corra esse risco. Com isto, a velocidade média de circulação vai diminuir, bem como irá diminuir o número de vítimas resultantes dos acidentes rodoviários.
- b) The Swedish speed-camera program:
 - a. A premissa para implementar o controlo automático da segurança rodoviária é a de alcançar um efeito preventivo em lugares considerados perigosos e onde existe fraca adaptação à velocidade. As câmaras têm como função suportar e criar uma norma relativa aos condutores, nomeadamente que é melhor e mais fácil seguir os limites de velocidade estipulados. Nesta medida, tanto a média de velocidades praticadas como o número de vítimas irão diminuir. (Belin, Tillgren et al. 2012)

3.3. MEDIDAS IMPLEMENTADAS

Neste ponto serão descritas de uma forma sucinta medidas já implementadas no âmbito da segurança rodoviária nomeadamente destinadas à proteção de peões.

Relativamente à sinalização, descrevem-se os seguintes exemplos:

- Marcação e sinalização de atravessamentos pedonais, vulgo passeadeiras;
- Ciclovias, no sentido de reserva e delimitação do espaço, segregando este modo tendo não só em atenção os veículos como os peões;
- Zonas proibidas para veículos e “exclusivas” para peões, criando zonas seguras e de livre circulação de peões;
- Zonas 30, ou seja, diminuição do limite da velocidade, tendo surgido na Dinamarca na década de 1980 - "Silent roads" – em zonas residenciais ou vias locais.

Já quando se opta por proceder a alterações ao perfil transversal da via, ponderam-se as seguintes medidas:

- Redução do raio de viragem:
 - Grandes raios incentivam condutores a fazer curvas em alta velocidade, aumentando o risco de atropelamento de peões que atravessem a via desejada. A redução do raio de viragem cria uma curva mais fechada, obrigando os condutores a diminuir a velocidade;
 - Diminuição da distância de atravessamento dos peões e melhoria da distância de visibilidade entre peões e condutores.

- Chicanas:
 - Aumento da largura do passeio, estreitando a via, de forma alternada (entre o lado adjacente e o lado oposto ao condutor) obrigando os condutores dos veículos a fazer curvas opostas sucessivas, resultando assim na diminuição da velocidade.
- Pontos de estrangulamento:
 - Idêntico à chicana, diferenciando-se apenas o facto de que o estreitamento da via não é feito de forma alternada, mas em ambos os lados em simultâneo.
- Mini-rotundas:
 - Podem ser apropriadas em interseções onde o espaço é “reduzido” e o volume de tráfego é compatível, obrigando todos os veículos em aproximação a diminuir a velocidade.
- Ilhas de refúgio:
 - Reduzem a exposição de peões aos veículos motorizados;
 - Proporcionam aos peões lugares mais seguros durante o atravessamento da via.
- “Woonerf” (medida de gestão de tráfego na Holanda):
 - Espaço compartilhado por peões, ciclistas e veículos motorizados a baixa velocidade;
 - Para além de ser uma medida de segurança para peões, é também um espaço público para atividades sociais e, possivelmente, comerciais, bem como uma área de recreação para crianças.
- Passeios:
 - Separam os peões dos automóveis e ciclistas.
- Passagens subterrâneas/elevadas para peões:
 - Permitem o fluxo ininterrupto e separado do trânsito de veículos (WHO 2013).

Também é possível instalar sistemas no pavimento, com vista à mitigação da sinistralidade rodoviária, tais como:

- Lomba Redutora de Velocidade (LRV):
 - Uma das mais utilizadas por constituir uma solução eficaz e de baixo custo ao nível da redução de velocidade (figuras 3.2 e 3.3);
 - Implementada em locais com iluminação pública, a uma distância considerável de uma passagem de peões, quando a velocidade máxima permitida é inferior a 50 km/h;
 - Afetam a circulação dos ciclistas e dos veículos longos e/ou pesados, provocando danos particularmente às suspensões destes. (Carvalho 2019)



Fig. 3.2 – LRV implementada



Fig. 3.3 – Sinal de aproximação a uma LRV

- Guias Sonoras:
 - Saliências no pavimento junto às bermas das faixas de rodagem;
 - Provocam ruído e vibração sempre que um veículo as atravessa e alertam os condutores para o perigo de colisão que correm ao mudar de via. (UE 2010)



Fig. 3.4 – Guia sonora implementada

- Passadeiras Puffin (“Pedestrian User Friendly Intelligent”):
 - Usam dispositivos micro-ondas para detetar peões que estão à espera para atravessar e os que já iniciaram o atravessamento;
 - Com base nestes dispositivos, a duração do tempo do sinal verde é automaticamente adaptada para melhor desengarrafamento do volume de peões. (Erke 2008)



Fig. 3.5 – Passadeira ‘Puffin’ implementada

- Sistema Eletromecânico (SEM):
 - Medidas inovadoras;
 - Com energy harvesting:
 - Lybra, da empresa italiana Underground Power:

- Lomba cinética modular que transforma a energia mecânica do carro em eletricidade, enquanto reduz a velocidade do veículo;
- Inconvenientes: ruído e desconforto. (Carvalho 2019)

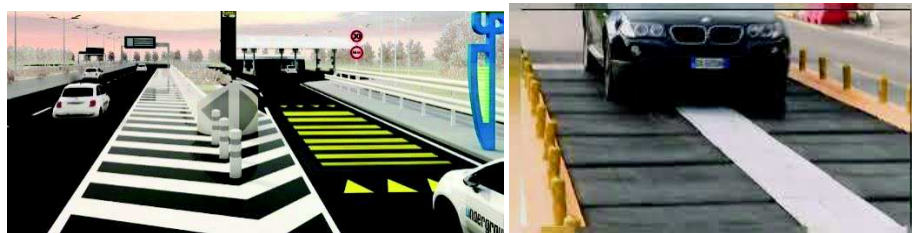


Fig. 3.6 – SEM Lybra implementado

○ Sem energy harvesting:

▪ Actibump:

- Lomba invertida que é ativada quando a velocidade de projeto é ultrapassada;
- A segurança, o conforto e a integridade da suspensão do veículo podem ser postos em causa. (Carvalho 2019)



Fig. 3.7 – SEM Actibump implementado

▪ Tope Inteligente:

- ‘Lomba redutora de velocidade’ trapezoidal, ativada quando a velocidade de projeto é ultrapassada;
- Este tipo de ‘SEM’, é o mais brando ao nível do impacto e ruído, por não se tratar de uma lomba com um desnível exagerado. (Carvalho 2019)



Fig. 3.8 – SEM Tope Inteligente implementado

- Vivadén:
 - ‘Lomba redutora de velocidade’ circular, ativada quando a velocidade de projeto é ultrapassada;
 - É expectável que, tal como a Actibump, tenha consequências demasiado agressivas. (Carvalho 2019)



Fig. 3.9 – SEM Vivadén implementado

Por último, enumeram-se a seguir, outros exemplos de medidas que não pertencem a um campo de aplicação específico. São elas:

- Promulgar e fazer cumprir a legislação referente aos limites de velocidade;
- Sistema Inteligente de Assistência à Velocidade (ISA) do European Transport Safety Council (ETSC):
 - Este sistema pode reduzir o número de mortes nas estradas europeias até 20%. É um sistema de condução assistida que foi categorizado, por um estudo norueguês em 2014, como sendo o mais eficiente na preservação de vidas humanas;
 - Consiste numa câmara de vídeo de deteção da velocidade do veículo e/ou numa base de dados dos limites de velocidades que se associam ao local através do Global Positioning System (GPS), e tem como objetivo avisar os condutores para o excesso de velocidade e, automaticamente, limitar a velocidade à máxima permitida;
 - O sistema ISA não ativa os travões do veículo mas, simplesmente, limita a capacidade do motor prevenindo assim, que este acelere até sobrepor o limite máximo de velocidade;
 - Para além de melhorar a segurança rodoviária, reduzir a quantidade de emissões e economizar o combustível, este sistema pode prevenir os condutores de serem multados. (ETSC 2017)

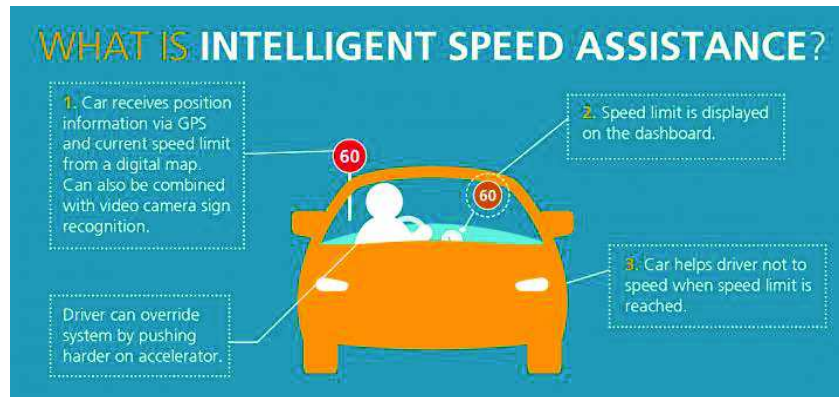


Fig. 3.10 – Funcionalidades do Sistema ISA

3.4. SISTEMA PEH

O sistema PEH resulta da vontade de conceber uma medida de mitigação diferenciadora e, por isso, melhor e mais eficiente do que aquelas já existentes.

Trata-se então de um pavimento rodoviário inovador, com extensão de 20 metros, a ser implementado em secções rodoviárias imediatamente antes de passeadeiras, com vista à mitigação do número de atropelamentos de peões nestas secções.

Tal como a grande maioria das outras medidas de mitigação de sinistralidade rodoviária, este sistema tem como principal funcionalidade a diminuição da velocidade dos veículos. Mas, ao contrário do que era até aqui habitual, a diminuição da velocidade promovida pelo sistema PEH é feita de uma forma ativa e não reativa, ou seja, a absorção da energia mecânica dos veículos, promovida pelo sistema PEH, faz com que a velocidade dos veículos seja diminuída sem qualquer ação do condutor.

Para além disto, este pavimento rodoviário tem também a capacidade de gerar energia elétrica através de reduzidas variações de energia potencial (causadas pelas cargas dos veículos). Energia esta que poderá ser aproveitada para alimentar dispositivos de iluminação LED nas imediações da passeadeira – servindo como alerta aos condutores – ou eventuais postes de iluminação pública para maior visibilidade das passeadeiras.

A produção de energia elétrica revela-se particularmente interessante nos dias que correm, já que surge de fontes renováveis novas e mais eficientes, travando assim o crescimento exponencial no consumo dos recursos naturais do planeta provocado pelo crescente aumento do movimento de pessoas dos ambientes rurais para as cidades (Duarte 2018).

O sistema PEH subdivide-se então em 2 grupos:

- a) Subsistema eletromecânico;
 - a. Constituído por módulos que irão substituir um segmento superficial do pavimento da via de circulação, que precede as passeadeiras. Este conjunto de módulos perfaz 20 metros de extensão para gradualmente diminuir a velocidade dos veículos através da absorção da energia mecânica, sem qualquer desaceleração provocada pelo condutor. (Carvalho 2019)

- b) Subsistema hidráulico;
 - a. Permite a geração e o armazenamento de energia de uma forma mais eficaz, à medida que o veículo percorre os módulos.

Para validação deste sistema, importa evidenciar as principais vantagens técnicas relativamente a outras medidas:

- Facilidade de instalação no pavimento rodoviário;
- Maioritariamente constituído por plástico de alta resistência e densidade;
- Maior eficiência;
- Menores custos.

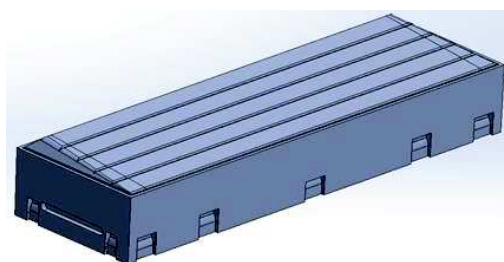


Fig. 3.11 – Representação (em formato Computer Aided Design (CAD)) do sistema PEH

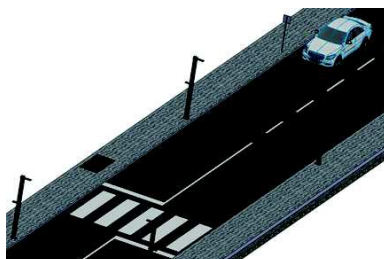


Fig. 3.12 - Simulação 3D do produto final pretendido para o sistema PEH (Duarte 2017)

4

METODOLOGIA

4.1. OBJETIVOS

Tal como já foi mencionado no subcapítulo 1.2 desta Dissertação, pretende-se com a aplicação desta metodologia:

- a) Determinar quais as características de secções rodoviárias (com passadeiras) que mais influenciam a gravidade da vítima resultante de atropelamentos de peões nesse tipo de secções;
- b) Determinar o índice de perigosidade de uma qualquer secção rodoviária (que inclua passadeira), relativo à ocorrência de atropelamento envolvendo peões.

4.2. REGISTO DE ACIDENTES RODOVIÁRIOS ENVOLVENDO PEÕES - PSP

A definição da amostra não seria possível sem a existência de informação relativa às características de secções rodoviárias que, entre outras concretizações, é conseguida por se proceder ao registo de acidentes rodoviários.

Assim, considerou-se pertinente investigar qual o procedimento levado a cabo pelas entidades policiais (neste caso, pela PSP) no que respeita o registo de dados referentes a atropelamentos de peões. Para isso, acordou-se com a PSP elaborar um questionário (Anexo A1. Inquérito - PSP), no qual esta entidade respondeu às perguntas que lhe foram colocadas. De entre os vários tópicos lançados, importa destacar a importância, e respetiva resposta, dos seguintes:

- a) De que forma são recolhidos os dados relativos ao acidente (processo manual em folha, processo digital, etc.);
 - a. Os polícias quando se deslocam ao local do acidente (qualquer que seja o seu tipo e natureza), após salvaguardar a segurança dos intervenientes e prestar-lhes auxílio, efetuam uma recolha manual dos dados, suportada por diversos equipamentos;
 - b. Posteriormente, o tratamento de dados faz-se com recurso ao aplicativo "Microsoft Visio", que permite a criação de diagramas para o ambiente Windows.

- b) Que dados são recolhidos no local de ocorrência de um atropelamento de peões;
 - a. Considerando que, geralmente, dos atropelamentos de peões resultam vítimas, a PSP efetua um levantamento de dados mais pormenorizado na ocorrência de acidentes deste tipo, recolhendo, nomeadamente, informação relativa a:
 - i. Posições inicial e final dos intervenientes;
 - ii. Localização dos vestígios e identificação do ponto de conflito;
 - iii. Enquadramento do acidente: data/hora, localização (dentro ou fora da localidade, existência ou não de passeadeira), nº de veículos intervenientes, informação relativa aos condutores intervenientes;
 - iv. Fatores externos: características técnicas da via, traçado da via, regime de circulação, condições de aderência do pavimento, tipo de sinalização, condições de luminosidade e fatores atmosféricos;
 - v. Consequências do acidente: vítimas (condutores, passageiros e peões);
 - vi. Testemunhas do acidente.
- c) Como são processados os dados recolhidos;
 - a. Caso haja lugar a um processo de investigação do acidente de viação, procede-se a todos os atos necessários para estabelecer as causas do acidente, e assim determinar eventuais responsabilidades civis e criminais e, por outro lado, adotar medidas que permitam prevenir a ocorrência de acidentes idênticos;
 - b. Todos os dados estatísticos recolhidos, para além de caracterizarem a sinistralidade na área de atuação da PSP, são também remetidos para a ANSR, através do Boletim Estatístico Acidentes Viação (BEAV) (automaticamente preenchido quando se faz o registo no módulo de acidentes de viação do Sistema Estratégico de Informações (SEI)), e pontualmente para entidades gestoras de vias.
- d) Qual o tempo médio de chegada a um acidente após este ter ocorrido, e o impacto deste na assertividade dos dados recolhidos;
 - a. O tempo que os agentes demoram a chegar a um acidente após este ter ocorrido depende de um conjunto alargado de fatores, no entanto, no âmbito da sua atividade operacional, a PSP procura acionar os diferentes meios policiais da forma mais célere possível, reconhecendo que a rápida chegada ao local do acidente assume particular importância na correta recolha dos dados e no auxílio às vítimas.
- e) Qual a importância dos depoimentos das testemunhas na eficácia da recolha dos dados;
 - a. A presença testemunhal aquando da recolha de dados de um atropelamento ajuda a clarificar de que forma ocorreu o acidente, mas, no entanto, a informação providenciada não deve ser encarada como verdade absoluta, atendendo que inúmeras vezes existem contradições entre as testemunhas e os indícios recolhidos no local.
- f) Que medidas de mitigação aplicam ou propõem aos municípios, e em que situações;
 - a. A PSP apresenta propostas de alteração na infraestrutura às entidades gestoras da via sempre que se verificam anomalias durante o normal policiamento ou aquando de um acidente de viação (no local ou no decurso de posterior investigação);
 - b. A PSP colabora nas inspeções técnicas aos diferentes “pontos negros”, promovidas pela ANSR, e também, no âmbito do PENSE 2020, promove o estabelecimento de pontos de contacto locais entre as subunidades da PSP e as entidades gestoras das vias, criando assim uma rede de monitorização dos problemas detetados na infraestrutura.

4.3. DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

Na fase inicial da metodologia, importava definir uma base dados, isto é, uma amostra constituída por várias secções rodoviárias com passeadeira, tendo em conta o estudo em causa.

Para isso, contou-se com o auxílio da ANSR e da GNR que gentilmente disponibilizaram os relatórios de sinistralidade rodoviária em Portugal Continental, referentes aos anos 2012 a 2014, bem como 2019 e 2020 (até Abril, inclusive), nos quais constavam todas as secções rodoviárias onde ocorreram atropelamentos de peões.

A partir desses relatórios, pretendia-se considerar tantas secções quanto aquelas que tornassem o tamanho da amostra viável e suficiente para a realização do estudo, sendo este o principal critério de escolha das secções. Com isto pretendo transmitir que a amostra não deveria ser demasiado grande, ao ponto de tornar este trabalho mais complexo e demoroso.

Assim, para seleção das secções foram aplicados alguns filtros sobre os relatórios de sinistralidade, de acordo com as características neles registados. O único critério lógico utilizado foi o de que todas as secções a considerar para a base de dados teriam que corresponder a atropelamentos de peões com vítimas. Todos os outros critérios não têm qualquer fundamento teórico, tendo sido por isso considerados única e simplesmente com vista ao tamanho da amostra desejável. De seguida demonstra-se de que forma se obtiveram, concretamente, as 39 secções que constituem a base de dados da metodologia, distinguindo-se aquelas de onde resultaram vítimas mortais das que resultaram em feridos graves ou leves:

- 14 secções de onde resultaram vítimas fatais:
 - Atropelamentos ocorridos entre janeiro e fevereiro de 2020;
 - Atropelamentos ocorridos entre 2012 e 2014, em secções dentro das localidades, com quilometragem definida, sem divisão da faixa de rodagem, e com o pavimento em bom estado de conservação.
- 25 secções de onde resultaram vítimas não-fatais:
 - Atropelamentos ocorridos entre janeiro e março de 2020, em secções no Distrito do Porto, em Estradas Nacionais, dentro das localidades, e com quilometragem definida;
 - Atropelamentos ocorridos em 2019, em secções nos concelhos de Vila Nova de Gaia e Matosinhos, dentro das localidades, e em arruamentos ou Estradas Nacionais;
 - Atropelamentos ocorridos em abril de 2020, em secções no Distrito do Porto.

Incluídas nesta mesma base de dados, existem 10 secções definidas com relativa incerteza, devido aos seguintes fatores:

- a) O registo feito pelas entidades gestoras ou autoridades policiais não contempla a quilometragem da via respetiva, nem mesmo as coordenadas de latitude e longitude;
 - a. Nestes casos, selecionaram-se as secções que visualmente pareceram mais problemáticas e à partida mais perigosas (ao longo da via em questão) para os intervenientes, em particular para os peões.
- b) O registo feito pelas entidades gestoras ou autoridades policiais não corresponde à imagem no Google Maps, devido à data onde a secção foi fotografada.
 - a. Nestes casos, decidiu-se considerar a realidade mais recente, ou seja, aquela constatada no Google Maps.

Posteriormente, listaram-se as 19 características definidas e respetivas modalidades (definidas pela imagem no Google Maps ou pelos relatórios de sinistralidade rodoviária da ANSR ou da GNR) inerentes às secções, que se consideraram de análise pertinente e que se apresentam na Tabela 4.1:

Tab. 4.1 – Lista das características e modalidades analisadas

CARACTERÍSTICA (<i>fonte</i>)	MODALIDADE
Intensidade de tráfego (previsível) (<i>Google Maps</i>)	alta
	média
	baixa
Via (<i>Relatório</i>)	arruamento
	estrada nacional
	itinerário complementar
	autoestrada
Alinhamento (<i>Relatório e/ou Google Maps</i>)	reto
	curvo
Geometria do traçado (<i>Relatório e/ou Google Maps</i>)	plena via
	interseção
	rotunda
Nº vias por sentido (<i>Relatório e/ou Google Maps</i>)	(sentido único)
	uma
	duas
	três
Marcação (das orientações) no pavimento (<i>Google Maps</i>)	sem
	má

	boa
(Largura do) passeio (Google Maps)	sem
	pequeno
	médio
	grande
(Largura da) berma (Google Maps)	sem
	pequena
	média
	grande
Visibilidade (Google Maps)	má
	boa
Velocidade previsível (praticada pelo condutor) (Google Maps)	abaixo do normal
	normal
	acima do normal
Passadeira (Relatório)	semaforizada
	não semaforizada
Estacionamento (Google Maps)	não
	sim
Ligação a outros meios de transporte (Google Maps)	não
	autocarro

	metro
	comboio
Divisão da faixa de rodagem (Relatório e/ou Google Maps)	sem
	separador central
	ilha separadora/direcional
	passeio c/ árvores
(Postes de) iluminação pública (Google Maps)	não
	sim
Condições aderência (do pavimento) (Relatório)	húmido
	molhado
	seco e limpo
	outras
Condições meteorológicas (Relatório)	bom tempo
	nevoeiro
	chuva
	outras
Condições de luminosidade (Relatório)	noite com iluminação
	noite sem iluminação
	pleno dia
	aurora ou crepúsculo

Tipo de Zona (<i>Google Maps</i>)	sol escandeante
	residencial
	empresarial
	industrial
	turística
	escolar
	outro

4.3.1. ALGUNS CONCEITOS

Para melhor entendimento da metodologia desenvolvida, listaram-se as definições de algumas características ou modalidades consideradas, que poderão não ser do conhecimento público geral:

- Berma: Superfície da via pública não especialmente destinada ao trânsito de veículos e que ladeia a faixa de rodagem;
- Passeio: Superfície da via pública, em geral sobrelevada, especialmente destinada ao trânsito de peões e que ladeia a faixa de rodagem;
- Faixa de rodagem: conjunto de todas as vias de trânsito sucessivas, destinadas ao mesmo sentido de circulação;
- Intensidade de tráfego previsível: medida através do volume de veículos numa determinada área de via, num determinado instante;
- Má marcação no pavimento: linhas no pavimento insuficientemente nítidas e de difícil percepção;
- Visibilidade: maior ou menor facilidade em visualizar a passagem de peões a médias ou longas distâncias, tendo em conta a envolvente da secção (por exemplo, vegetação ou edificação) e a sinuosidade da via;
- Velocidade previsível: maior ou menor conforto por parte do condutor para aumentar a velocidade do veículo, dependendo da qualidade do pavimento, da inclinação longitudinal da via, entre outras variáveis;
- Velocidade normal: velocidade mais ou menos 5 km/h acima ou abaixo do limite de velocidade permitido na via em questão.

A seguir apresentam-se imagens de algumas das secções consideradas na base de dados a título de exemplo.



Fig. 4.1 –Imagem de uma secção da Av. Almirante Reis, em Lisboa

- Entroncamento (intersecção);
- Divisão da faixa de rodagem: passeio c/ árvores;
- Pavimento com marcação má;
- Sem berma.



Fig. 4.2 – Imagem de uma secção da Av. João Paulo II, em Arcozelo

- Entroncamento (intersecção);
- Divisão da faixa de rodagem: passeio c/ árvores;
- Pavimento sem marcação;
- Sem berma.



Fig. 4.3 – Imagem de uma secção da EN15, em Amarante

- Berma de largura pequena;
- Ilha separadora a dividir a faixa de rodagem.



Fig. 4.4 - Imagem de uma secção da Rua Oriental, em Perafita

- Secção em plena via;
- Pavimento sem marcação;
- Sem berma.

4.3.2. ANÁLISE DESCRITIVA

Da amostra com 40 secções com uma vítima associada (das 39 secções consideradas, apenas 1 delas tem associada mais do que uma vítima) em passadeiras onde ocorreram atropelamentos de peões, observaram-se os seguintes factos relativos às características/modalidades (Tabelas de frequências e gráficos de pizza - Anexos A4. Tabelas de frequência de algumas modalidades e A5. Gráficos de pizza de algumas modalidades):

- 17 secções (42,5%) fazem parte de um tipo de via onde se prevê, pela imagem retirada do Google Maps, que a intensidade do tráfego seja média, fazendo desta a modalidade mais

recorrente aquando da ocorrência de atropelamentos de peões. Por outro lado, a intensidade de tráfego baixa foi a que menos se observou (22,5%), enquanto que 14 secções (35%) encontram-se em vias com alta intensidade de tráfego;

- 67,5% das vias são do tipo arruamento, e as restantes são estradas nacionais (32,5%). Assim, denota-se que os itinerários complementares e as autoestradas não fazem, na prática, parte da amostra;
- 4 em cada 5 secções observadas constituem passagem de peões em alinhamento reto (80%), sendo o outro tipo de alinhamento curvo (20%);
- As rotundas são o tipo de geometria/conceção do traçado menos frequente (3 em 40 observações). Das restantes secções, 30% localizam-se em plena via, fazendo das intersecções o tipo mais ocorrente (62,5%);
- Verifica-se a predominância de secções com 1 via por sentido (77,5%), e a consequente escassez de secções com duas vias por sentido (1 em cada 20) e com três vias por sentido (2,5%). Já as vias de sentido único são o 2º tipo mais frequente (15%);
- Quase metade das secções (45%) pertencem a vias onde a marcação no pavimento necessária para o fluxo de tráfego desejado é satisfatória a excelente. Inversamente, as vias com insuficiente marcação no pavimento, e as vias sem qualquer marcação correspondem ambas a 27,5%. Assim, conclui-se que a relação teórica qualidade-segurança nas estradas nem sempre é linear;
- Quanto maior a largura do passeio, mais atropelamentos ocorrem: grande (47,5%), médio (40%), pequeno (7,5%), inexistente (5%). Esta relação de proporcionalidade pode explicar-se eventual e logicamente pelo facto de que quanto maior a largura do passeio, maior o nº de peões atraídos e presentes nele, aumentando assim a probabilidade de o peão se envolver num acidente;
- Se na variável ‘Passeio’ existe uma relação de proporcionalidade direta entre a largura deste e a ocorrência de atropelamentos de peões, na variável ‘Berma’ a proporcionalidade é de grosso modo inversa - grande (12,5%), média (5%), pequena (17,5%), inexistente (65%) -. Relação que faz sentido, já que a berma é o espaço vazio compreendido entre os limites teóricos de circulação dos veículos, num extremo, e de peões no outro extremo. Assim a distância entre veículo e peão é tanto maior quanto maior a largura da berma;
- Praticamente todas as secções observadas (92,5%) correspondem a passagens de peões facilmente visíveis, a curtas e razoavelmente longas distâncias. No entanto, este facto pode ter levado o condutor a atuar com níveis baixos de atenção, o que possibilitou a pouca ou nenhuma clareza no avistamento do peão, na eventualidade deste ter manifestado intenção em atravessar a via. Por outro lado, a má visibilidade (7,5%) obrigou o condutor a agir cautelosamente, diminuindo a velocidade do veículo, e assim reduzir o risco de acidente;
- É mais frequente a ocorrência de um atropelamento de peões em vias que não promoveram o excesso (15%) ou a redução drástica (28%) de velocidade, quer por razões de intensidade de tráfego quer por qualidade e geometria do traçado da via. Assim, foi em vias em que o trânsito flui a uma velocidade normal que ocorreram mais atropelamentos (55%);
- 87,5% dos atropelamentos de peões em passeadeiras ocorreram quando nestas não existia a obrigatoriedade de paragem dos veículos através de sinalização luminosa (semáforos), sendo que este tipo de sinalização se verifica em apenas 5 das 40 secções;
- Talvez a variável com pior grau de confiança, a existência ou não de estacionamento nas imediações da secção observada ocorreu sensivelmente com a mesma frequência: 52,5% quando inexistente, e 47,5% quando existe;
- Quando na proximidade a uma passagem de peões existe ligação a outros meios de transporte público (40%), o autocarro foi quase exclusivamente o único meio de transporte presente (32,5% do total de observações). Já o comboio (5%) e o metro (2,5%) são os meios de transporte menos frequentes com conexão às vias de trânsito percorridas com veículo próprio ou a pé;

- A frequente ausência de divisão (física) da faixa de rodagem (82,5%) vai de encontro ao nº de vias por sentido mais frequente (1 via por sentido). Neste sentido, nomeadamente em secções onde o nº de vias é diferente, a divisão da faixa de rodagem pode ser feita através da implementação de um passeio intermédio (7,5%) ou de uma ilha separadora ou direcional (10%). Obviamente, o separador central é um tipo de divisão não presente na amostra pois este é de implementação obrigatória nas autoestradas (tipo de via não identificada);
- 9 em cada 10 secções estavam devidamente iluminadas. Daqui se conclui que esta variável tem pouca ou nenhuma influência neste tipo de acidentes já que, claramente, é muito mais seguro que exista iluminação pública;
- A maioria dos acidentes ocorreram em condições ideais de circulação (pavimento seco e limpo - 62,5%), condições estas que promovem o aumento da velocidade do veículo e consequentemente o aumento do risco de atropelamento do peão. Pelo contrário, piores condições de circulação (pavimento molhado) corresponderam a 37,5% das observações. Salienta-se que na totalidade das observações não se identificaram secções em que o pavimento se encontrava húmido ou gelado;
- Constata-se total interdependência entre as condições meteorológicas e o estado de aderência do pavimento: bom tempo-seco e limpo (62,5%), chuva-molhado (37,5%). De notar ainda que nevoeiro e neve são duas condições meteorológicas que não pertencem à amostra, confirmando a ausência de pavimentos húmidos ou gelados;
- Constata-se que 95% dos atropelamentos ocorreram ou em pleno dia (45%) ou durante a noite (50%) - com iluminação (15 em 40) e sem iluminação (5 em 40) -, já os atropelamentos durante a aurora ou crepúsculo, e com sol escandente foram igualmente quase inexistentes (apenas 1 em 40 secções, para cada tipo);
- De entre os tipos de zona observados, destaca-se como maioritária a zona residencial (77,5%), provavelmente por ser aquela que concentra maior densidade populacional. Num escalão secundário, as zonas empresarial e escolar foram igualmente frequentes (3 em 40 observações, para cada tipo). Ainda num escalão inferior, encontram-se as zonas turísticas (2,5%) e outras (tipo descampados - 5%);
- Como consequência deste tipo de acidentes, constata-se que o tipo de vítima mais atingido foi o ferido leve (23 secções que originaram 25 feridos), o segundo é a vítima mortal (14 secções em que numa delas resultaram 2 vítimas) e, por último, o ferido grave que resultou de apenas 7,7% das secções.

Interações pouco prováveis (relações anormais ou contrassenso) entre características/modalidades:

- 44,4% das secções onde se prevê intensidade de tráfego baixa, correspondem a secções onde também se prevê velocidade abaixo do normal;
- Apenas 25% das secções em curva, são secções onde se prevê uma velocidade abaixo do normal;
- Apenas 15,6% das secções em alinhamento reto, correspondem a secções onde se prevê velocidade acima do normal;
- 50% das secções com 2 vias por sentido, percorrem-se previsivelmente com velocidade abaixo do normal;
- Apenas 12,9% das secções com 1 via por sentido, percorrem-se com velocidade previsível acima do normal;
- 66,7% das secções onde se prevê velocidade elevada, são também secções sem berma;
- Apenas 16,2% das secções que promovem boa visibilidade, são secções onde se prevê velocidade acima do normal;
- Apenas 20% das secções onde o atropelamento ocorreu em pavimento seco e limpo, correspondem a secções onde se prevêem práticas de velocidade elevada;
- 66,7% das secções onde há má visibilidade, correspondem a secções em reta;

- Apenas 12,5% das secções em alinhamento curvo, correspondem a secções com má visibilidade;
- Apenas 3,2% das secções com 1 via por sentido, apresentam má visibilidade;
- 68,4% das secções com passeio de grande largura, não contemplam berma.

4.4. ÍNDICE DE PERIGOSIDADE

De seguida, procedeu-se, em Excel, ao preenchimento de tabelas para cada tipo de vítima) que permitiram identificar quais as modalidades inerentes a cada secção observada. Este preenchimento consistiu na atribuição de uma variável binária, nomeadamente do valor 1 às modalidades que fazem parte da secção em questão e do valor 0 às modalidades que não fazem parte (Anexo A3. Exemplo de registo no Excel dos acidentes rodoviários (ferido grave)).

Concluído o preenchimento das tabelas, tornou-se possível determinar as frequências das modalidades das secções, dividindo o número de secções onde essa modalidade está presente pelo número total de secções (39). De notar que, o somatório das frequências das modalidades de cada característica é igual a 1 (Anexo A2. Frequências das modalidades por tipo de vítima).

4.4.1. OBTENÇÃO DOS CUSTOS MÉDIOS POR TIPO DE VÍTIMA EM 2020

Após a determinação das frequências das modalidades, interessava determinar os custos médios por tipo de vítima (estimados para 2020), com vista à determinação do “Índice de perigosidade”. A obtenção destes valores teve por base o estudo de Donário e Santos (2012), o qual apresenta os custos económicos e sociais anuais dos acidentes rodoviários com cada tipo de vítima em Portugal, bem como os custos médios anuais dos acidentes rodoviários por tipo de vítima em Portugal, entre 1996 e 2010 (Anexos A6. Custos económicos e sociais anuais dos acidentes rodoviários em Portugal (1996-2010) e A7. Custos médios anuais dos acidentes rodoviários por tipo de vítima em Portugal (1996-2010)).

Através destes valores, pretendia-se estimar os custos médios dos acidentes rodoviários por tipo de vítima em 2020, em Portugal. Estas estimações foram obtidas multiplicando o salário mínimo (anual) em Portugal em 2020, por um valor que se distingue por tipo de vítima. Assim, para cada tipo de vítima, este valor é a média dos quocientes anuais entre o custo por tipo de vítima (identificados no estudo de Donário e Santos) e o salário mínimo, entre 1996 e 2010. Então, os custos médios obtidos em 2020 (Anexo A8. Estimação do custo médio dos acidentes rodoviários por tipo de vítima em Portugal (2020)) foram:

- 1.202.163,06€/vítima mortal;
- 172.959,86€/ferido grave;
- 40.572,36€/ferido leve.

Decidiu-se estimar os custos para 2020, ao invés de determinar os custos para um ano antigo (completo), por 2 motivos principais:

1. O facto de 2020 ser ainda, atualmente, um ano em curso não se traduz numa contrariedade à lógica deste procedimento, já que o que se obteve foi uma estimativa anual tendo em conta registos anuais factuais do passado;
2. Tendo em conta o que está em causa neste trabalho – a viabilização de um sistema inovador para implementação e utilização futuras -, revela-se mais coerente a estimação dos custos para

a realidade atual, do que a determinação e consideração no cálculo dos custos antigos, e consequente desatualização (que implica menor fiabilidade dos resultados pretendidos).

Finalizando, a parcela a multiplicar pelo somatório das frequências das modalidades inerentes à secção em questão corresponde a uma razão entre os custos médios por tipo de vítima em 2020 (no caso de vítima fatal) ou a uma média ponderada (no caso de vítima não-fatal), e por isso depende do tipo de vítima resultante ou estimado (como é explicado adiante, pela aplicação do modelo estatístico). Portanto, as parcelas a considerar são:

- $29,63 = (1.202.163,06/40.572,36)$, para secções onde o atropelamento originou uma vítima fatal;
- $1,39 = (4,263 \cdot 3 + 1 \cdot 22) / 25$, para secções onde o atropelamento originou uma vítima não-fatal.
De onde:
 - 1,39: média ponderada das parcelas consideradas para secções onde o atropelamento originou um ferido leve ou um ferido grave;
 - $4,263 = (172.959,86/40.572,36)$ para secções onde o atropelamento originou um ferido grave;
 - $1 = (40.572,36/40.572,36)$ para secções onde o atropelamento originou um ferido leve;
 - 3: nº de secções observadas onde ocorreram atropelamentos de peões que originaram feridos graves;
 - 22: nº de secções observadas onde ocorreram atropelamentos de peões que originaram feridos leves;
 - 25: nº de secções observadas onde ocorreram atropelamentos de peões que originaram vítimas não-fatais.

Assim, foi possível calcular o “Índice de perigosidade” de qualquer secção (que incluía passadeira) onde ocorreu um atropelamento com vítimas, em Portugal Continental. O “Índice de perigosidade” é uma medida classificadora que traduz a maior ou menor gravidade do tipo de vítima resultante de um atropelamento numa qualquer secção rodoviária imediatamente antes de uma passadeira. Quanto maior a gravidade da lesão, maior o índice.

Constatou-se que, devido à grande disparidade entre as parcelas consideradas para o cálculo deste índice, que dependem do tipo de vítima estimada, a definição de 2 escalas seria útil para uma melhor interação entre o valor do índice e a classificação da vítima. Assim, apresenta-se na Tabela seguinte a relação entre Índice de perigosidade e classificação da vítima.

Tab. 4.2 – Relação entre Índice de perigosidade e classificação da vítima

Índice de perigosidade	Classificação da vítima
Entre 200 e 400	Vítima fatal
Entre 40 e 200	(Inconclusivo)
Entre 10 e 40	Vítima não fatal

4.5. MODELO ESTATÍSTICO

Para estimar o tipo de vítima resultante (variável dependente ou de resposta) numa qualquer secção rodoviária imediatamente antes de uma passeadeira, onde eventualmente ocorra um atropelamento de peões, e determinar as características destas secções que mais influenciam a ocorrência deste tipo de acidentes, foi criado um modelo de regressão logística binária, que distingue a vítima estimada entre fatal e não-fatal.

A base de dados utilizada para o desenvolvimento destes modelos foi a mesma utilizada para a determinação do “Índice de perigosidade”.

4.5.1. JUSTIFICAÇÃO

Em muitas situações práticas, no decurso da investigação de fenómenos reais, é necessário recorrer a um modelo matemático representativo, que pode ser definido como uma abstração de um sistema real.

Se por um lado o modelo deve servir como uma aproximação razoavelmente precisa do sistema real, e incluir a maior parte dos aspetos importantes, por outro não deve ser tão complexo que se torne impossível compreendê-lo ou manipulá-lo.

Em situações reais depara-se com fatores que atuam efetivamente sobre a variável resposta, influenciando-a, e outros que não, agindo apenas como fatores de confusão. Assim, com o objetivo de interpretar corretamente os fenómenos, deve-se utilizar modelos que considerem a ação conjunta dos diferentes tipos de fatores.

Para modelar estes fenómenos, que envolvem uma variável dependente categórica e várias variáveis independentes métricas ou categóricas, necessita-se selecionar um método estatístico apropriado (Ferreira 2013).

4.5.2. DESCRIÇÃO DO MODELO

Os modelos de regressão são uma componente integral de qualquer análise de dados em que se pretende descrever a relação existente entre uma variável resposta (dependente) e uma ou mais variáveis explicativas (independentes).

Pretende-se propor um modelo que estime o tipo de vítima resultante numa qualquer secção rodoviária, localizada imediatamente antes de passeadeira, onde eventualmente ocorrerá um atropelamento de peões, com as características destas secções, e determinar as que mais influenciam a ocorrência deste tipo de acidentes.

Mas antes de descrever detalhadamente o modelo, revela-se de importante utilidade explicar qual a distinção entre o modelo de regressão linear e o modelo de regressão logística, sendo estes os 2 únicos tipos de modelos de regressão existentes. Ora, a diferença entre esses 2 modelos é o tipo de variável resposta. No caso da variável resposta, Y , ser discreta dicotómica (binária - apenas 2 respostas possíveis) utiliza-se o modelo de regressão logística em detrimento do modelo de regressão linear.

É verdade que, em qualquer modelo de regressão linear, a componente chave é a denominada média condicional, usualmente representada por $E(Y|\mathbf{x})$ - em que $\mathbf{x}$ representa o vetor constituído pelo conjunto das p variáveis independentes (ou covariáveis), ou seja, $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ -. Assume-se que, procura-se um modelo de regressão do tipo linear quando os dados aparentam obedecer a uma relação desse tipo, e quando assim é essa linearidade é traduzida da seguinte maneira:

$$E(Y|\mathbf{x}) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p \quad (1)$$

Esta expressão implica que $E(Y|\mathbf{x})$ pode assumir qualquer valor no conjunto dos números reais (Hosmer Jr, Lemeshow et al. 2013). No entanto, no nosso caso, a variável resposta ('tipo de vítima') só assume dois valores, isto é, a variável não é contínua mas sim dicotómica, pelo que os valores da média condicional têm de variar entre 0 e 1. No caso da regressão logística - a considerar neste trabalho -, considera-se a quantidade $\pi(\mathbf{x}) = E(Y|\mathbf{x})$ para representar a média condicional de Y dado $\mathbf{x}$.

A mudança em $\pi(\mathbf{x})$ por unidade de mudança em $\mathbf{x}$ torna-se progressivamente mais pequena à medida que esta quantidade se aproxima de 0 ou de 1. A curva que traduz qualquer regressão logística binária tem a forma sigmoideal (*S-shaped*), lembrando o gráfico de uma variável contínua.

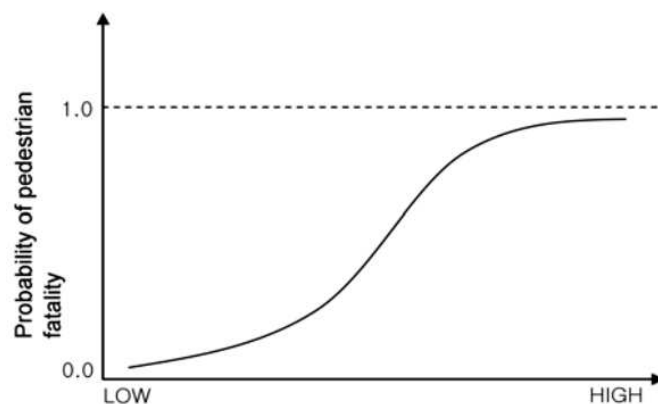


Fig. 4.5 – Relação logística entre a fatalidade do peão e as variáveis independentes (Hair, 2003)

Esta figura atenta ao facto de o valor de Y (variável resposta) estimado poder não ser exatamente 0 ou 1. Nesse sentido, assume-se um destes dois algarismos consoante o resultado for mais próximo de um ou de outro (Bryman and Cramer 2002).

A forma geral do modelo de regressão logística utilizada é a seguinte:

$$\pi(x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p}} \quad (2)$$

em que os parâmetros designados por β_i ($i=1, 2, \dots, p$) representam os efeitos das variáveis explicativas x 's na variável resposta Y .

No presente estudo, $Y = (0,1)$ é o tipo de vítima estimada, $\pi(x)$ é a probabilidade de ocorrência de um dos tipos de vítima, x_i é a variável independente significativa, β_0 é uma constante, e β_i é o coeficiente de regressão.

Para o caso mais simples, em que há apenas uma variável independente, é possível afirmar que quando os valores de $x \rightarrow \infty$, a forma geral do modelo de regressão logística utilizada tende para 0 se $\beta < 0$. Se $\beta = 0$ a resposta é independente de x . Para tentar então estabelecer o paralelo entre o modelo de regressão linear e o modelo de regressão logística, aplica-se uma transformação. O elo de ligação entre os modelos lineares generalizados que permite restringir os valores que variam na reta $(-\infty, +\infty)$ ao intervalo $[0,1]$ é, neste caso, a transformação *logit* – função da média condicional – dada pela seguinte expressão:

$$\text{logit}(\pi(x)) = \ln \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \quad (3)$$

Segue-se o cálculo de uma medida essencial para a interpretação dos resultados obtidos. A *odds ratio* – ou razão de chances – ($\text{Exp}(B)$) permite-nos perceber qual a influência de cada variável independente sobre a variável dependente. Esta medida é determinada através da seguinte equação:

$$\text{Exp}(B) = \frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \quad (4)$$

4.5.3. ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO

A estimação dos parâmetros do modelo de regressão logística e a sua interpretação é baseada nas seguintes hipóteses:

- As n observações são independentes;
- Cada observação é proveniente de uma população constituída por um grande número de “sucessos” e por um grande número de “insucessos”. Esta afirmação é baseada em três hipóteses sobre a população:
 - Existem apenas dois tipos de resposta; não há uma terceira possibilidade;
 - Existem sempre alguns “sucessos” e alguns “insucessos”;
 - A população é suficientemente grande de modo a permitir que quando uma observação é selecionada, a probabilidade de “sucesso” e “insucesso” não é alterada.
- O *logit* é função linear das covariáveis do modelo.

Tal como refere Lunneborg (Nelder, Greenfield et al. 1994), a primeira e a terceira hipóteses (acima) são comuns ao modelo de regressão linear. Já a segunda substitui a hipótese de normalidade e de homocedasticidade associada ao modelo linear. Enquanto que no modelo de regressão linear a resposta difere apenas no valor da média, no modelo logístico a resposta está condicionada pela probabilidade de sucesso.

Segundo (Hosmer and Lemeshow 2000), quando o modelo contém misturas de variáveis (discretas e contínuas), os estimadores associados à função discriminante são sensíveis à hipótese de normalidade, sendo particularmente enviesados e consequentemente impulsadores para a sobrevalorização da magnitude de associação. Quando se depara com este tipo de situação, deve-se sempre utilizar estimadores de máxima verosimilhança.

4.5.4. TESTES PARA AVALIAR A SIGNIFICÂNCIA DOS PARÂMETROS DO MODELO

Para que as variáveis sejam candidatas ao modelo têm de apresentar pelo menos um moderado nível de associação. No contexto da regressão logística e ainda do ponto de vista univariado é comum a utilização de dois testes designados por Teste de Wald e Teste da Razão de Verosimilhanças.

Na prática, para se verificar, do ponto de vista univariado, se determinada variável é significativa para o modelo, deverá ser utilizado o critério proposto por Hosmer & Lemeshow (Hosmer Jr, Lemeshow et al. 2013) para a seleção das variáveis candidatas ao modelo, que diz que todas as variáveis com um p -value inferior a 0,25 passarão à fase seguinte. O que parece acontecer quando se utilizam os níveis de significância usuais, tais como o de 5%, é que por vezes se rejeitam, à partida, variáveis que mais tarde se concluem importantes para o modelo.

Para avaliar a significância das características inerentes às secções localizadas imediatamente antes das passadeiras sobre a probabilidade de um atropelamento de peões resultar em uma (ou várias) vítima(s) fatal(is) ou não-fatal(is), foi definido um modelo de regressão logística (método Forward: LR), como descrito em (Marôco 2011).

O método ‘Forward: LR’ caracteriza-se por considerar a variável independente com maior coeficiente de correlação amostral observado na sua relação com a variável resposta. A cada etapa, uma variável pode vir a ser incorporada. Se numa etapa não houver uma inclusão, o processo é interrompido e as variáveis selecionadas até essa etapa definem o modelo final (charnet *et al.* 2000).

Numa determinada etapa chega-se a um modelo definido como modelo reduzido. O modelo reduzido de cada etapa é comparado ao modelo em que uma nova variável é acrescentada. Existindo um modelo de melhor desempenho, a correspondente variável independente é incorporada ao elenco das variáveis já escolhidas.

Para a obtenção do modelo final de regressão logística, após estimar os coeficientes da equação de regressão, é necessário verificar se cada variável é significativamente relacionada com a variável resposta do modelo (Hosmer and Lemeshow 2000).

4.5.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Todas as análises foram efetuadas recorrendo ao software IBM SPSS Statistics (versão 26).

A tabela 4.3 espelha **a codificação da variável dependente, feita no princípio da definição do modelo, sem qualquer critério**. Assim, se $Y=0$ a vítima estimada, resultante de um atropelamento de peões em passeadeira, é fatal, mas se $Y=1$ a mesma vítima é considerada ‘não-fatal’.

Tab. 4.3 – Codificação da variável dependente

Valor original	Valor interno
Fatal	0
Não-fatal	1

As tabelas seguintes apresentam os resultados obtidos:

Tab. 4.4 – Testes de Omnibus do Modelo de Coeficientes

		Qui-quadrado	df	Sig.
Etapa 1	Etapa	5,868	1	,015
	Bloco	5,868	1	,015
	Modelo	5,868	1	,015
Etapa 2	Etapa	5,142	1	,023
	Bloco	11,010	2	,004
	Modelo	11,010	2	,004
Etapa 3	Etapa	4,397	1	,036
	Bloco	15,407	3	,001

	Modelo	15,407	3	,001
Etapa 4	Etapa	4,371	1	,037
	Bloco	19,778	4	,001
	Modelo	19,778	4	,001
Etapa 5	Etapa	3,629	1	,057
	Bloco	23,407	5	,000
	Modelo	23,407	5	,000
Etapa 6	Etapa	3,887	1	,049
	Bloco	27,294	6	,000
	Modelo	27,294	6	,000

A tabela 4.4 caracteriza o teste do rácio de verosimilhanças entre o modelo nulo (etapa 0: considerando apenas a constante, e nenhuma variável independente) e os outros 6 modelos (referentes a cada uma das 6 etapas). Verifica-se que existem 6 variáveis (1 por cada etapa) com poder preditivo sobre a variável dependente.

O teste de Omnibus do modelo de coeficientes apresenta uma estatística para o Qui-quadrado residual igual a 27,294, com p -value igual 0.000 ($<0,05$). Assim, conclui-se que o modelo é significativo a 5%.

Tab. 4.5 – Resumo do Modelo

Etapa	Verossimilhança de log -2	R quadrado Cox & Snell	R quadrado Nagelkerke
1	45,927	,136	,188
2	40,786	,241	,331
3	36,389	,320	,440
4	32,018	,390	,537
5	28,389	,443	,610
6	24,502	,495	,681

Quanto menor o valor associado à ‘Verossimilhança de log -2’, melhor é a qualidade do modelo. Isto comprova que a última etapa do método ‘Forward: LR’ (neste caso, a etapa 6) é aquela que deve servir de análise da qualidade do ajuste do modelo.

Nessa etapa, o valor de R quadrado de Nagelkerke (=0,681) é um resultado positivo, já que se conclui que o modelo é capaz de explicar cerca de 68,1% das variações registadas na variável dependente, e por isso, considera-se um modelo de qualidade adequada.

Tab. 4.6 – Teste de Hosmer e Lemeshow

Etapa	Qui-quadrado	df	Sig.
6	2,968	8	,936

Constata-se que a qualidade de ajuste do modelo é excelente, já que o valor de ‘Sig.’ (ρ -value) referente à etapa 6 é muito próximo de 1 (qualidade de ajuste máxima), ou seja, os valores estimados pelo modelo são muito próximos dos valores observados.

Tab. 4.7 – Tabela de Classificação do Modelo

Observado		Previsto		
		tipo de vítima	Percentagem correta	
		Fatal	Não-fatal	
Etapa 6	tipo de vítima Fatal	10	4	71,4
	Não-fatal	3	23	88,5
Percentagem global				82,5

Observa-se que 82,5% dos resultados estimados do modelo coincidem com os factos observados na amostra. Tal significa que o modelo é fidedigno em 82,5% dos casos.

Tab. 4.8 – Variáveis na equação do Modelo

		B	S.E.	Wald	Sig.	Exp(B)	95% C.I. para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Etapa 6	via	5,321	2,006	7,034	,008	204,641	4,010	10444,019
	geometria do traçado	4,026	1,886	4,557	,033	56,019	1,390	2257,161
	passadeira	-5,101	2,533	4,057	,044	,006	,000	,872
	ligação a meios de transporte	-2,114	,886	5,690	,017	,121	,021	,686
	divisão da faixa de rodagem	-2,160	1,037	4,339	,037	,115	,015	,880
	iluminação pública	-3,425	2,057	2,771	,096	,033	,001	1,836
	Constante	-2,193	2,269	,934	,334	,112		

Na tabela 4.8 constata-se quais as variáveis independentes que têm influência na variável dependente. A regressão logística ‘Forward: LR’ revelou que as variáveis ‘via’ ($\chi^2_{wald} = 7.034; p = 0.008$), ‘geometria do traçado’ ($\chi^2_{wald} = 4.557; p = 0.033$), ‘passadeira’ ($\chi^2_{wald} = 4.057; p = 0.044$), ‘ligação a meios de transporte’ ($\chi^2_{wald} = 5.690; p = 0.017$), ‘divisão da faixa de rodagem’ ($\chi^2_{wald} = 4.339; p = 0.037$), e ‘iluminação pública’ ($\chi^2_{wald} = 2.771; p = 0.096$) apresentaram um efeito estatisticamente significativo sobre o logit da probabilidade de ocorrer uma vítima não-fatal.

Então, a expressão do modelo logístico, que estima qual o tipo de vítima resultante de um atropelamento de peões (valores de y entre 0 e 1) numa passadeira, vem escrita da seguinte forma:

$$\bullet \quad \text{logit}(y) = -2,193 + 5,321 \times x_1 + 4,026 \times x_2 - 5,101 \times x_3 - 2,114 \times x_4 - 2 - 160 \times x_5 - 3,425 \times x_6 \quad (5)$$

Com:

x_1 : via

x_2 : geometria traçado

x_3 : passadeira

x_4 : ligação a meios de transporte

x_5 : divisão da faixa de rodagem

x_6 : iluminação pública

Revela-se particularmente importante, para obtenção das conclusões do trabalho desenvolvido, a interpretação dos valores ‘Exp(B)’ de cada uma das variáveis independentes significativas presentes na equação do modelo, pela razão já descrita no fim do subcapítulo ‘4.5.2 Descrição do modelo’.

Objetivamente, a informação que estes valores oferecem é, de uma forma generalizada, a seguinte:

- As variáveis com valor de ‘Exp(B)’ > 1, aumentam a probabilidade de $Y=1$ (neste caso, de a probabilidade da vítima resultante de um atropelamento de peões ser não-fatal). Quanto maior o valor, maior é o aumento da probabilidade;
- Inversamente, as variáveis com valor de ‘Exp(B)’ < 1, diminuem a probabilidade de $Y=1$ (ou aumentam a probabilidade de $Y=0$).

Tab. 4.9 – Análise da influência das variáveis significativas

	Exp(B)
Etapa 6	
via	204,641
geometria do traçado	56,019
passadeira	,006
ligação a meios de transporte	,121
divisão da faixa de rodagem	,115
iluminação pública	,033

Então, observando a tabela anterior, constata-se quais as variáveis que influenciam de forma positiva a variável dependente, ou seja, aquelas que aumentam a probabilidade de a vítima estimada ser do tipo não-fatal (redução da gravidade da sinistralidade rodoviária de peões, comparativamente com a hipótese vítima fatal), e aquelas que influenciam negativamente. Também, é possível listar por ordem decrescente (positiva para negativa) de influência sobre a variável ‘tipo de vítima’, todas as variáveis:

- a) Via;
- b) Geometria do traçado;
- c) Ligação a meios de transporte;
- d) Divisão da faixa de rodagem;
- e) Iluminação pública;
- f) Passadeira.

5

CONCLUSÕES

5.1. POTENCIAL IMPACTO DO SISTEMA PEH

Depois de analisados os resultados obtidos a partir do modelo estatístico de regressão logística binária (modelo este com elevada qualidade de ajuste aos dados observados), ou seja, depois de determinadas as variáveis independentes (características de secções rodoviárias com passadeiras) influentes na estimação do tipo de vítima resultante (fatal ou não-fatal) de um eventual atropelamento de peões numa passadeira, procedeu-se à verificação de quais destas variáveis eram controláveis pelo sistema PEH. Neste sentido, insere-se a seguinte tabela que permite comparar as variáveis influentes com as variáveis controláveis:

Tab. 5.1 – Tabela de comparação entre as variáveis influentes e as controláveis pelo sistema PEH

Variáveis influentes	Variáveis controláveis
Via	
Geometria do traçado	Condição de luminosidade
Passadeira	Passadeira
Iluminação pública	Iluminação pública
Divisão da faixa de rodagem	Velocidade previsível
Ligação a meios de transporte	

Denota-se, então, que 2 das 4 variáveis controláveis pelo sistema PEH coincidem com 2 das 6 variáveis influentes na estimação da vítima. Importa realçar que o controlo destas duas variáveis traduz-se na implementação do sistema PEH em secções rodoviárias localizadas imediatamente antes de passadeiras que, por um lado, não estão reguladas por sinalização luminosa (semáforos) para veículos e/ou peões ou que, por outro lado, não contemplam postes de iluminação pública. Isto porque a existência dos sistemas referentes a estas duas variáveis implica um aumento da segurança rodoviária para os utilizadores da via, e por isso uma redução generalizada da sinistralidade, nomeadamente daquela relativa aos peões.

Foi assim possível, numa primeira análise, concluir que as principais funcionalidades do sistema PEH - geração de energia elétrica para, neste caso, alimentar a eventual sinalização LED (alerta), na aproximação às passadeiras sem sinalização luminosa, e/ou o eventual poste de iluminação pública – têm potencial impacto na redução da gravidade da vítima resultante de um eventual atropelamento de peões, já que dissipam a influência de 2 variáveis ('passadeira' e 'iluminação pública') na ocorrência deste fenómeno.

Adicionalmente, concluiu-se que essas 2 variáveis - simultaneamente influentes (sobre a variável resposta) e controláveis (pelo sistema PEH) - são, de entre as 6 variáveis significativas do modelo estatístico (Tabela 4.8), aquelas que influenciam mais negativamente o tipo de vítima resultante (aumentam a probabilidade do atropelamento resultar numa vítima fatal) de um atropelamento de peões em passadeira. Isto porque, os valores referentes às *odds ratio* destas duas variáveis são ambos menores que 1 e, para além disso, são os mais próximos de 0 ('iluminação pública' – 0,033 e 'passadeira' – 0,006), como se constata na Tabela 4.9.

Estima-se, assim, que o sistema PEH tem grande potencial em aumentar a segurança dos peões quando estes atravessam passadeiras já que, para além de fazer com que os veículos diminuam a sua velocidade na aproximação a este tipo de secções rodoviárias, este sistema inovador atua no sentido de mitigar as potenciais consequências nefastas que os 2 principais impulsionadores (ausência de postes de iluminação pública e/ou sinalização luminosa) do aumento da gravidade das vítimas (peões) resultantes de atropelamentos têm associadas.

Finalizando, refira-se que de entre as 2 variáveis negativamente influentes, a 'passadeira' é a crítica ($0,006 < 0,033$), e por isso, alvo de maior foco na procura da rentabilização do sistema PEH, para redução do nível de gravidade das vítimas resultantes de atropelamentos em passadeiras. O mesmo é dizer que a decisão de implementar o sistema PEH é consideravelmente mais influente em secções não reguladas por semáforos do que em secções que não contemplem postes de iluminação pública.

Em suma, para mitigação da sinistralidade rodoviária relativa a atropelamentos de peões em passadeiras, deverá considerar-se como foco principal a gestão de tráfego nas rodovias preconizada pela implementação do sistema PEH (e dispositivos de iluminação LED) em secções rodoviárias localizadas imediatamente antes de passadeiras não reguladas por sinalização luminosa.

Destaca-se, ainda, o facto de a redução da velocidade dos veículos (variável 'velocidade previsível') promovida pelo sistema PEH não ser definida como influente pelo modelo estatístico, apesar de na realidade esta contribuir consideravelmente para a redução do nível de gravidade da vítima resultante, já que uma redução de 40% da velocidade do veículo implica uma redução em 70% da probabilidade de um acidente rodoviário.

Ao nível económico, considerando uma vez mais o estudo (Donário and dos Santos 2012), o impacto do sistema PEH traduz-se na poupança de cerca de 1.000.000€ (custo por vítima mortal deduzido do

custo por ferido grave, estimados para 2020) por cada vítima fatal evitada (resultando em ferido grave), ou na poupança de sensivelmente 1.200.000€ (custo por vítima mortal deduzido do custo por ferido leve, estimados para 2020) por cada peão que, pela ação do sistema PEH, resultou em ferido leve de um atropelamento numa passareira, e não em vítima fatal (caso o sistema não estivesse implementado nessa secção).

5.2. ESTUDOS FUTUROS

Seria interessante desenvolver um modelo de regressão logística no qual a variável dependente tivesse 3 possíveis resultados, isto é, um modelo em que a estimação do tipo de vítima resultante de um atropelamento de peões em passareira fosse vítima mortal, ferido grave ou ferido leve. A sugestão deste procedimento surge na realização da aparente importância em individualizar o tipo de vítima ‘ferido leve’, devido aos seguintes motivos:

- O tipo de vítima resultante mais frequente nos dados da amostra utilizada na metodologia deste trabalho é o ferido leve (em 22 das 39 secções) e, portanto, poderá assumir-se que o é também noutras eventuais amostras em contextos geográficos diferentes, mas incidentes sobre a mesma área de estudo;
- O cálculo do ‘índice de perigosidade’ torna-se mais simples, direto e certo, já que este se baseia num estudo relativo a custos económicos e sociais de acidentes rodoviários, em que a individualização dos três tipos de vítima resultantes (vítima mortal, ferido grave e ferido leve) está implícita e é crucial para a concretização dos objetivos desse estudo.

Ora, a ideia de desenvolver um modelo estatístico surgiu exatamente pela intenção de estimar qual dos três tipos de vítima resultaria de um eventual atropelamento de peões em passareira. Por isso, numa primeira tentativa, optou-se por aplicar um modelo de regressão logística multinomial, no qual os resultados gerados comprovaram-se insatisfatórios e sinónimos de que esse modelo não poderia ser aplicado. No entanto, poderá tornar-se possível obter resultados positivos a partir do desenvolvimento dum modelo desse tipo (ou outro capaz de estimar um dos três tipos de vítima resultantes) se o tamanho da amostra (número de secções observadas) for consideravelmente maior do que aquele correspondente à amostra utilizada na metodologia deste trabalho.

Ainda relativamente ao modelo estatístico, seria interessante introduzir a variável independente ‘Tráfego Médio Diário Anual (TMDA)’ para evidenciar se o aumento deste parâmetro traduz o aumento da gravidade da vítima resultante de um atropelamento em passareira, ou se o aumento do TMDA atinge um limite a partir do qual este aumento constitui uma normalização ou diminuição da gravidade da vítima.

Seria útil comprovar, a longo prazo, se a conclusão/solução descrita no subcapítulo 5.1., nomeadamente a implementação do sistema PEH em secções imediatamente antes de passareiras não reguladas por semáforos, é realmente eficaz. Para isso, sugere-se, numa pequena área de estudo onde existam passareiras não reguladas por sinalização luminosa (nas quais exista historial de atropelamentos de peões com vítimas), comparar as situações antes e depois da implementação do sistema PEH nalgumas secções imediatamente antes dessas passareiras. Se se verificar que depois da implementação do sistema existe uma redução do nível de gravidade das vítimas resultantes dos atropelamentos de peões, então a solução comprova-se eficaz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografia elaborada com recurso ao *EndNote* com a formatação da NP405.

Acela, L. M. B., et al. (2019). Identificação das variáveis associadas à infraestrutura rodoviária, à infraestrutura pedonal e ao ambiente construído com influência no número de atropelamentos na zona urbana. Engenharia Civil, Universidade do Minho.

Aldred, R. (2018). "Inequalities in self-report road injury risk in Britain: A new analysis of National Travel Survey data, focusing on pedestrian injuries." Journal of Transport & Health **9**: 96-104.

Aldred, R. (2018). "Road injuries in the National Travel Survey: under-reporting and inequalities in injury risk."

ANSR (2018). Programa de Proteção Pedonal e de Combate aos atropelamentos.

ANSR (2020 a)). Relatório de Sinistralidade Rodoviária - Fevereiro 2020 (Portugal Continental).

ANSR (2020 b)). Relatório de Sinistralidade Rodoviária - Janeiro 2020 (Portugal Continental).

Antov, D., et al. (2007). "Investigating drivers' behaviour at non-signalised pedestrian crossings." The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering **2**(3): 111-118.

Atkins, D. and M. Granhed (2012). "Vision Zero: Applying road safety to avalanche safety." Int. Snow Sci. Work., (Anchorage, Alaska, 2012).

Bauer, R., et al. (2017). "Scope and patterns of under-reporting of vulnerable road users in official road accident statistics Monica Steiner." European Journal of Public Health **27**(suppl_3).

Belin, M.-Å., et al. (2012). "Vision Zero—a road safety policy innovation." International journal of injury control and safety promotion **19**(2): 171-179.

Beyer, F. R. and K. Ker (2009). "Street lighting for preventing road traffic injuries." Cochrane Database of Systematic Reviews(1).

Bhalla, K., et al. (2017). "Official government statistics of road traffic deaths in India under-represent pedestrians and motorised two wheeler riders." Injury prevention **23**(1): 1-7.

Bivar, F. and A. J. Santos "A SINALIZAÇÃO E A ILUMINAÇÃO COMO FATORES POTENCIADORES DA SEGURANÇA RODOVIÁRIA."

Bryman, A. and D. Cramer (2002). Quantitative data analysis with SPSS release 10 for Windows: A guide for social scientists, Routledge.

Carvalho, J. P. (2019). Estudo do Potencial Impacto de um Sistema de Pavement Energy Harvesting na Segurança Rodoviária. Engenharia Civil - Vias de Comunicação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. **Mestrado Integrado**.

Corticeiro Neves, M., et al. (2018). Vertentes e desafios da segurança 2018. VIII Congresso Vertentes e Desafios da Segurança, Simões & Linhares.

Czajewski, W., et al. (2013). "Innovative solutions for improving safety at pedestrian crossings." Archives of Transport System Telematics **6**.

Donário, A. A. and R. B. dos Santos (2012). "Custo económico e social dos acidentes de viação em Portugal." económica **500**: 6.

Duarte, F. J. A. (2018). Pavement energy harvesting system to convert vehicles kinetic energy into electricity. Sistema de Transportes, 00500:: Universidade de Coimbra. **Doutoramento**.

Ecola, L., et al. (2018). "The road to zero: A vision for achieving zero roadway deaths by 2050." Rand health quarterly **8**(2).

Erke, A. (2008). Making Vision Zero real: Prevention of accidents and injuries among elderly pedestrians, Transportøkonomisk institutt.

ETSC (2017). from <https://etsc.eu/briefing-intelligent-speed-assistance-isa/>.

Ferreira, M. C. C. d. S. (2013). Modelos de Regressão: uma aplicação em Medicina Dentária.

Fu, T., et al. (2018). "A novel framework to evaluate pedestrian safety at non-signalized locations." Accident Analysis & Prevention **111**: 23-33.

Grimm, M. and C. Treibich (2010). "Socio-economic determinants of road traffic accident fatalities in low and middle income countries." ISS Working Paper Series/General Series **504**: 1-44.

Hauck Jr, W. W. and A. Donner (1977). "Wald's test as applied to hypotheses in logit analysis." Journal of the american statistical association **72**(360a): 851-853.

Hosmer Jr, D. W., et al. (2013). Applied logistic regression, John Wiley & Sons.

Hosmer, D. W. and S. Lemeshow (2000). Applied logistic regression, Wiley New York.

Kim, E., et al. (2017). "Vision zero: a toolkit for road safety in the modern era." Injury epidemiology **4**(1): 1.

King, M. J., et al. (2009). "Illegal pedestrian crossing at signalised intersections: incidence and relative risk." Accident Analysis & Prevention **41**(3): 485-490.

Kröyer, H. R. (2015). "Is 30 km/ha 'safe'speed? Injury severity of pedestrians struck by a vehicle and the relation to travel speed and age." IATSS research **39**(1): 42-50.

Lu, T., et al. (2015). The traffic accident hotspot prediction: Based on the logistic regression method. 2015 International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS), IEEE.

Marisamynathan, S. and P. Vedagiri (2013). "Modeling pedestrian delay at signalized intersection crosswalks under mixed traffic condition." Procedia-social and behavioral sciences **104**: 708-717.

Marôco, J. (2011). "Análise estatística com o SPSS Statistics [Statistical analysis with SPSS Statistics]." Pero Pinheiro, Portugal: ReportNumber.

Mickey, R. M. and S. Greenland (1989). "The impact of confounder selection criteria on effect estimation." American journal of epidemiology **129**(1): 125-137.

Nelder, J., et al. (1994). "Deconstructing statistical questions-discussion." Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society) **157**: 338-356.

República, A. d. (2017). PENSE 2020.

Rune Elvik, A. H., Truls Vaa, Michael Sørensen (2009). THE HANDBOOK OF ROAD SAFETY MEASURES SECOND EDITION.

Singh, P., et al. (2018). "Under-reporting of road traffic accidents in traffic police records-a cross sectional study from North India." Int J Commu Med Public Health **5**(2): 579-584.

Tarko, A. and M. S. Azam (2011). "Pedestrian injury analysis with consideration of the selectivity bias in linked police-hospital data." Accident Analysis & Prevention **43**(5): 1689-1695.

UE (2010). Melhores práticas de Segurança Rodoviária.

Vilaça, M., et al. (2017). "Statistical analysis of the occurrence and severity of crashes involving vulnerable road users." Transportation research procedia **27**: 1113-1120.

WHO (2004). World Report on Road Traffic Injury Prevention.

WHO (2013). Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners.

WHO (2017). SalvarVIDAS.

WHO (2018). Global Status Report on Road Safety 2018.

Wilkinson, L. (1979). "Tests of significance in stepwise regression." Psychological bulletin **86**(1): 168.

Wolfe, B., et al. (2017). "More than the Useful Field: Considering peripheral vision in driving." Applied ergonomics **65**: 316-325.

ANEXOS

A1. INQUÉRITO – PSP

- 1) Após a ocorrência de um acidente rodoviário, em particular envolvendo peões, de que forma a PSP recolhe os dados relativos ao acidente (processo manual em folha, processo digital, outras opções)?**
- 2) Neste tipo de situação, que dados são recolhidos no local, relativos à vítima, aos restantes envolvidos, e à situação de acidente como um todo?**
- 3) Como são depois processados estes dados - são inseridos numa base de dados? São usados internamente para algum tipo de análise estatística?**
- 4) A quem são disponibilizados? Autarquias, ANSR, INE, outros?**
- 5) A recolha de dados neste tipo de acidentes difere entre localizações, nomeadamente entre aqueles com passeadeira e aqueles sem passeadeira, ou dentro de localidade ou fora de localidade?**
- 6) Como é feita a classificação destas vítimas quanto ao seu tipo? (Ferido leve, grave ou vítima mortal).**
- 7) Após uma análise ao Relatório de Atividades de 2015 da PSP, interessa-nos perceber melhor para o estudo em curso, como foram calculados os valores do Quadro 31, e dos Gráficos 19 a 21, relativos à Sinistralidade Rodoviária - podem dar-nos mais informações nesse sentido?**
- 8) Para classificação das vítimas, como é feita a ligação com as entidades médicas?**
- 9) Quais os cenários mais comuns que encontram quando chegam ao local do acidente, para procederem à recolha dos dados? Por exemplo, presença ou ausência dos intervenientes (condutor e peão), apoio das pessoas que viram o acidente na caracterização do mesmo.**
- 10) Em média, qual o tempo que demoram a chegar a um acidente após este ter ocorrido? Entendem que se fosse possível reduzir esse tempo, os dados apurados poderiam ser mais precisos, ou este tempo não tem impacto?**
- 11) De um modo geral, há testemunhas neste tipo de acidentes? E colaboram? Qual o impacto dos seus depoimentos na eficácia da recolha dos dados?**
- 12) Procuram saber qual a razão deste tipo de acidentes, para posteriormente aplicarem/proporem medidas de mitigação? Exemplo: excesso de velocidade, distração do condutor, etc.**
- 13) Que medidas de mitigação aplicam ou propõem aos municípios? Em que situações? Com que frequência? Com que base?**

A2. FREQUÊNCIAS DAS MODALIDADES POR TIPO DE VÍTIMA

		VM	FG	FL
CARACTERÍSTICA	MODALIDADE	Com passadeira	Com passadeira	Com passadeira
intensidade de tráfego	alta	0,428571429	0,333333333	0,272727273
	média	0,428571429	0,333333333	0,454545455
	baixa	0,142857143	0,333333333	0,272727273
via	arruamento	0,428571429	0,666666667	0,818181818
	estrada nacional	0,571428571	0,333333333	0,181818182
	IC	0	0	0
alinhamento	Auto-estrada	0	0	0
	reto	0,857142857	0,666666667	0,772727273
	curvo	0,142857143	0,333333333	0,227272727
geometria do traçado	plena via	0,5	0,333333333	0,181818182
	interseção	0,357142857	0,666666667	0,772727273
	rotunda	0,142857143	0	0,045454545
nº vias por sentido	(sentido único)	0,142857143	0	0,181818182
	uma	0,642857143	1	0,818181818
	duas	0,142857143	0	0
marcação no pavimento	três	0,071428571	0	0
	sem	0,142857143	0	0,409090909
	mã	0,142857143	1	0,227272727
passadoiro	boa	0,714285714	0	0,363636364
	sem	0	0	0,090909091
	pequeno	0,071428571	0	0,090909091
	médio	0,428571429	0,333333333	0,409090909
	grande	0,5	0,666666667	0,409090909
berma	sem	0,428571429	0,666666667	0,818181818
	pequena	0,357142857	0	0,045454545
	média	0,142857143	0	0
visibilidade	grande	0,071428571	0,333333333	0,136363636
	mã	0,071428571	0	0,090909091
	boa	0,928571429	1	0,909090909
velocidade previsível	abaixo do normal	0,357142857	0,333333333	0,227272727
	normal	0,5	0,333333333	0,636363636
	acima do normal	0,142857143	0,333333333	0,136363636
passadeira	semaforizada	0,142857143	0	0,090909091
	não semaforizada	0,857142857	1	0,909090909
estacionamento	não	0,714285714	0,666666667	0,363636364
	sim	0,285714286	0,333333333	0,636363636
Ligação a outros MT	não	0,428571429	0,666666667	0,727272727
	autocarro	0,428571429	0,333333333	0,227272727
	metro	0,071428571	0	0
divisão da FR	comboio	0,071428571	0	0,045454545
	sem	0,714285714	1	0,863636364
	separador central	0	0	0
iluminação pública	ilha separadora/direcional	0,142857143	0	0,090909091
	passadoiro c/ árvores	0,142857143	0	0,045454545
	não	0,214285714	0	0,045454545
condições aderência	sim	0,785714286	1	0,954545455
	húmido	0	0	0
	molhado	0,428571429	0	0,363636364
condições meteorológicas	seco e limpo	0,571428571	1	0,636363636
	outras	0	0	0
	bom tempo	0,571428571	1	0,636363636
condições de luminosidade	nevoeiro	0	0	0
	chuva	0,428571429	0	0,363636364
	outras	0	0	0
Tipo de Zona	noite com iluminação	0,428571429	0,666666667	0,318181818
	noite sem iluminação	0,214285714	0,333333333	0
	pleno dia	0,214285714	0	0,681818182
	aurora ou crepúsculo	0,071428571	0	0
	sol escandente	0,071428571	0	0
	residencial	0,642857143	1	0,818181818
	empresarial	0,142857143	0	0,045454545
	industrial	0	0	0
	turística	0,071428571	0	0
	escolar	0,071428571	0	0,090909091
	outro	0,071428571	0	0,045454545

A3. EXEMPLO DE REGISTO NO EXCEL DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS (FERIDO GRAVE)

		EN205 (2)	9	11		
CARACTERÍSTICA	VARIÁVEL				TOTAL	3
intensidade de tráfego	alta	0	1	0		
	média	0	0	1		
	baixa	1	0	0		
via	arruamento	0	1	1		
	estrada nacional	1	0	0		
	IC	0	0	0		
	Auto-estrada	0	0	0		
alinhamento	reto	1	0	1		
	curvo	0	1	0		
geometria do traçado	plena via	0	1	0		
	interseção	1	0	1		
	rotunda	0	0	0		
nº vias por sentido	(sentido único)	0	0	0		
	uma	1	1	1		
	duas	0	0	0		
	três	0	0	0		
marcação no pavimento	sem	0	0	0		
	má	1	1	1		
	boa	0	0	0		
passeio	sem	0	0	0		
	pequeno	0	0	0		
	médio	1	0	0		
	grande	0	1	1		

berma	sem	0	1	1		
	pequena	0	0	0		
	média	0	0	0		
	grande	1	0	0		
visibilidade	má	0	0	0		
	boa	1	1	1		
velocidade previsível	abaixo do normal	1	0	0		
	normal	0	0	1		
	acima do normal	0	1	0		
passadeira	semaforizada	0	0	0		
	não semaforizada	1	1	1		
estacionamento	não	1	1	0		
	sim	0	0	1		
Ligação a outros MT	não	0	1	1		
	autocarro	1	0	0		
	metro	0	0	0		
	comboio	0	0	0		
divisão da FR	sem	1	1	1		
	separador central	0	0	0		
	ilha separadora/direcional	0	0	0		
	passeio c/ árvores	0	0	0		
iluminação pública	não	0	0	0		
	sim	1	1	1		
condições aderência	húmido	0	0	0		
	molhado	0	0	0		
	seco e limpo	1	1	1		
	outras	0	0	0		

condições meteorológicas	bom tempo	1	1	1		
	nevoeiro	0	0	0		
	chuva	0	0	0		
	outras	0	0	0		
condições de luminosidade	noite com iluminação	0	1	1		
	noite sem iluminação	1	0	0		
	pleno dia	0	0	0		
	aurora ou crepúsculo	0	0	0		
	sol escandente	0	0	0		
Tipo de Zona	residencial	1	1	1		
	empresarial	0	0	0		
	industrial	0	0	0		
	turística	0	0	0		
	escolar	0	0	0		
	outro	0	0	0		

A4. TABELAS DE FREQUÊNCIA DE ALGUMAS MODALIDADES

Distribuição das secções por intensidade de tráfego (previsível)

Intensidade de tráfego (previsível)	Frequência	Percentagem
alta	14	35,0
média	17	42,5
baixa	9	22,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por tipo de via

Tipo de via	Frequência	Percentagem
Arruamento	27	67,5
Estrada Nacional	13	32,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por geometria do traçado

Geometria do traçado	Frequência	Percentagem
plena via	12	30,0
intersecção	25	62,5
rotunda	3	7,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por marcação no pavimento

Marcação no pavimento	Frequência	Percentagem
sem	11	27,5
má	11	27,5
boa	18	45,0
Total	40	100,0

Distribuição das secções por (largura do) passeio

(Largura do) passeio	Frequência	Percentagem
sem	2	5,0
pequeno	3	7,5
médio	16	40,0
grande	19	47,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por (largura da) berma

(Largura da) berma	Frequência	Percentagem
sem	26	65,0
pequena	7	17,5
média	2	5,0
grande	5	12,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por velocidade previsível (do veículo)

Velocidade previsível (do veículo)	Frequência	Percentagem
abaixo do normal	12	30,0
normal	22	55,0
acima do normal	6	15,0
Total	40	100,0

Distribuição das secções por estacionamento

Estacionamento	Frequência	Percentagem
não	21	52,5
sim	19	47,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por ligação a meios de transporte

Ligação a meios de transporte	Frequência	Percentagem
não	24	60,0
autocarro	13	32,5
metro	1	2,5
comboio	2	5,0
Total	40	100,0

Distribuição das secções por estado de aderência do pavimento

Aderência do pavimento	Frequência	Percentagem
molhado	15	37,5
seco e limpo	25	62,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por condição meteorológica

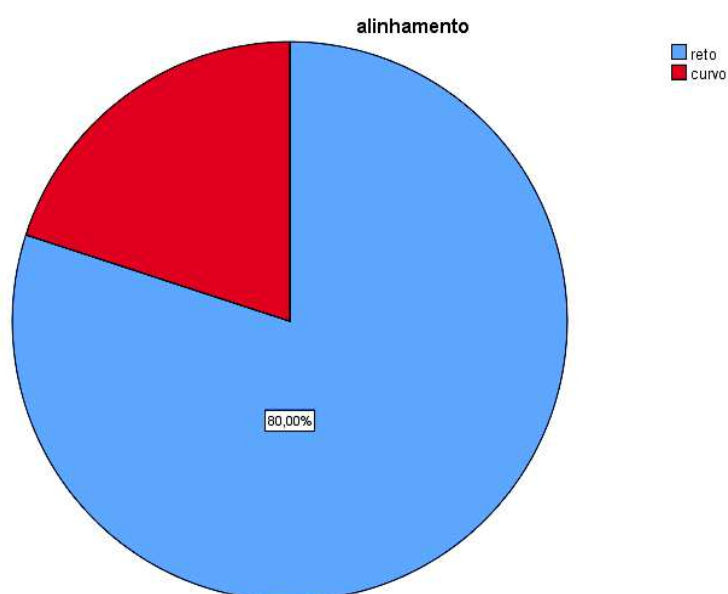
Condição meteorológica	Frequência	Percentagem
bom tempo	25	62,5
chuva	15	37,5
Total	40	100,0

Distribuição das secções por condição de luminosidade/hora do dia

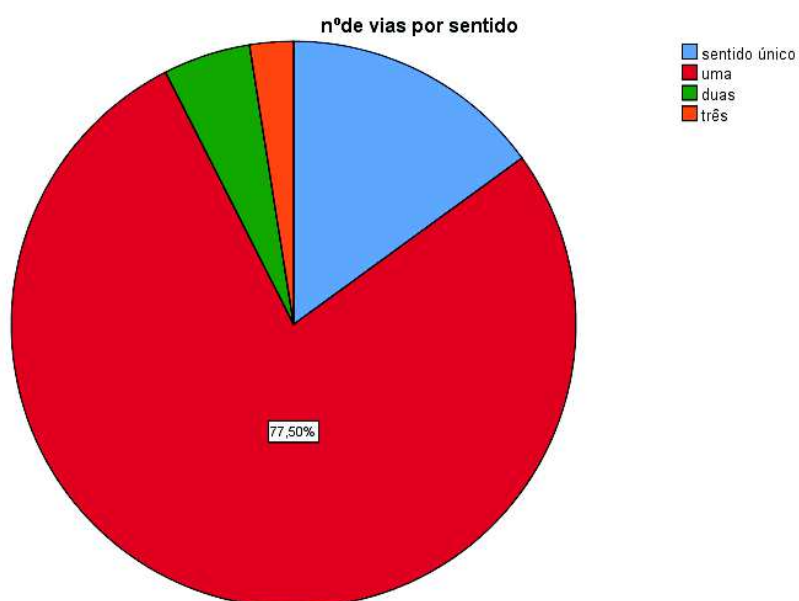
Condição de luminosidade/hora do dia	Frequência	Percentagem
noite com iluminação	15	37,5
noite sem iluminação	5	12,5
pleno dia	18	45,0
aurora ou crepúsculo	1	2,5
sol escandeante	1	2,5
Total	40	100,0

A5. GRÁFICOS DE PIZZA DE ALGUMAS MODALIDADES

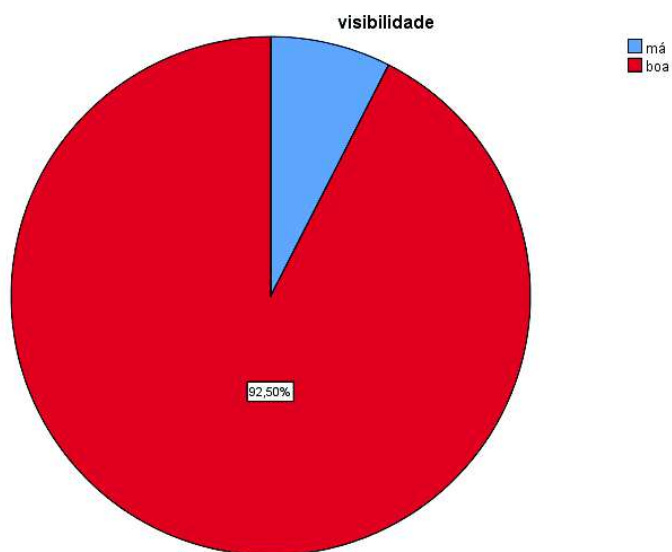
Distribuição das secções por tipo de alinhamento



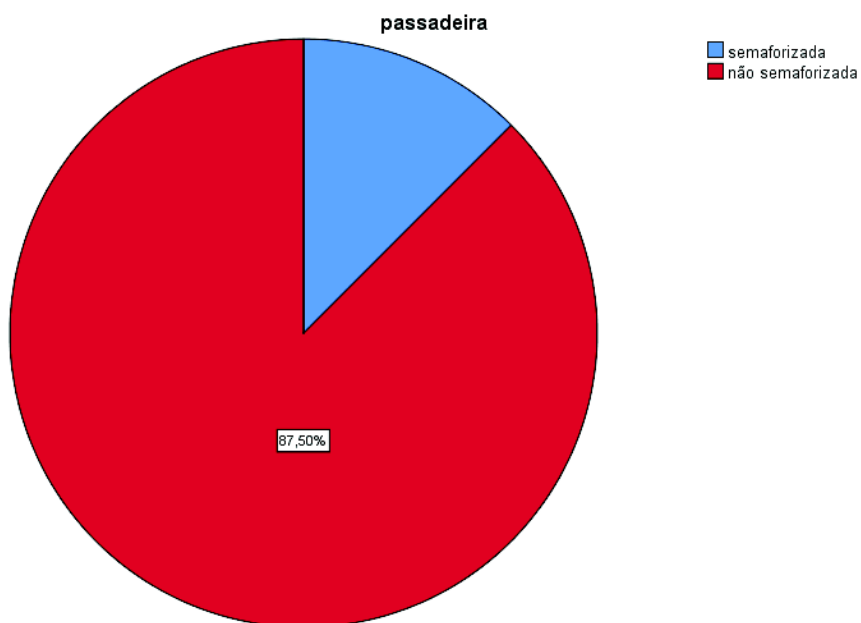
Distribuição das secções por nº de vias por sentido



Distribuição das secções por visibilidade



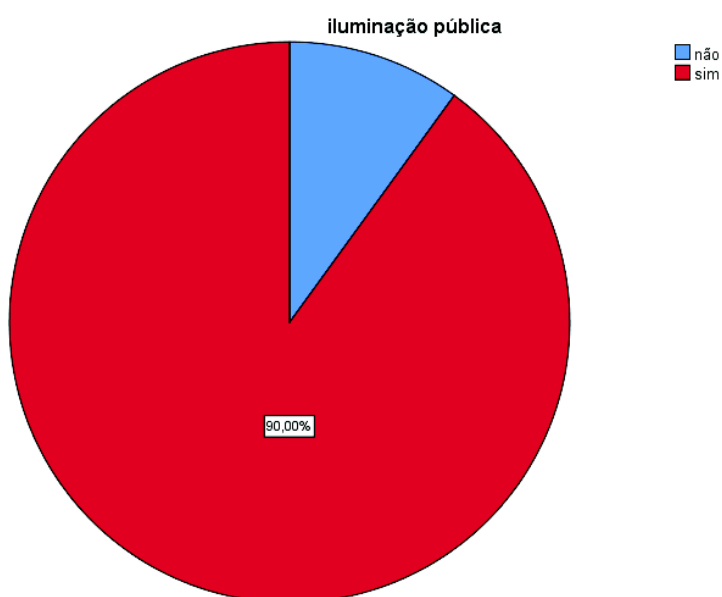
Distribuição das secções por tipo de passadeira



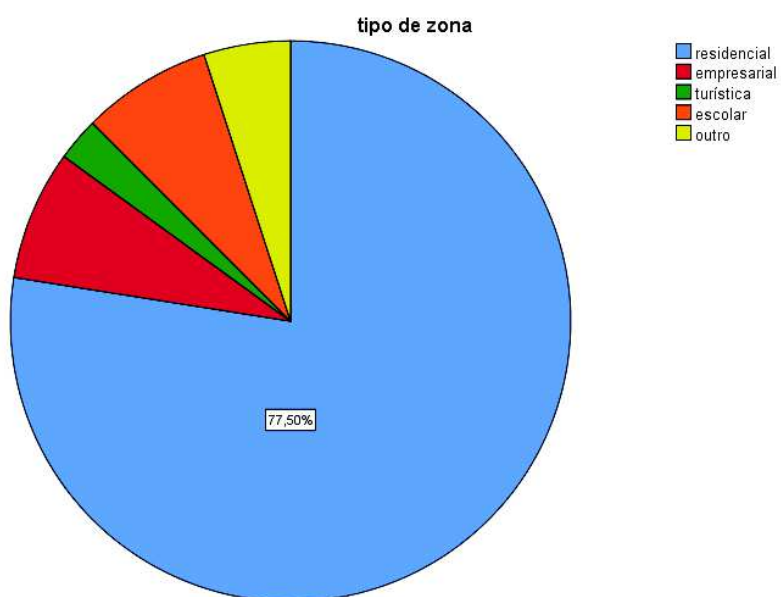
Distribuição das secções por tipo de divisão da faixa de rodagem



Distribuição das secções por iluminação pública



Distribuição das secções por tipo de zona



A6. CUSTOS ECONÓMICOS E SOCIAIS ANUAIS DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS EM PORTUGAL (1996-2010)

Evolução do custo económico e social dos acidentes rodoviários com vítimas mortais, no período de 1996 a 2010.

Ano	Custo Social Anual dos Acidentes com Vítimas Mortais (Valores em Euros)
1996	1.250.197.239
1997	1.217.203.441
1998	1.233.072.090
1999	1.182.844.325
2000	1.114.833.343
2001	1.028.231.232
2002	1.030.999.221
2003	921.983.307
2004	791.785.522
2005	749.321.662
2006	553.188.798
2007	573.938.956
2008	509.705.841
2009	473.667.213
2010	462.951.908

Evolução do custo económico e social dos acidentes rodoviários com feridos graves, no período de 1996 a 2010.

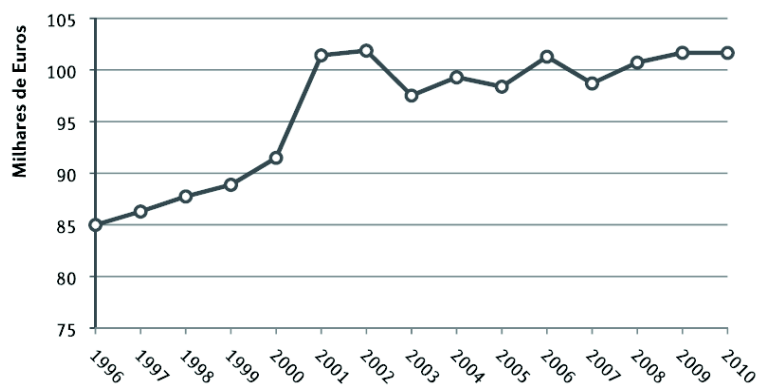
Ano	Custo Social Médio Anual dos Acidentes com Feridos Graves (Valores em Euros)
1996	921.518.835
1997	805.448.157
1998	717.551.494
1999	684.104.314
2000	632.885.172
2001	587.877.957
2002	485.916.347
2003	454.334.263
2004	416.032.370
2005	370.129.330
2006	352.794.520
2007	307.528.248
2008	262.474.940
2009	266.758.689
2010	268.060.232

Evolução do custo económico e social dos acidentes rodoviários com feridos ligeiros, no período de 1996 a 2010.

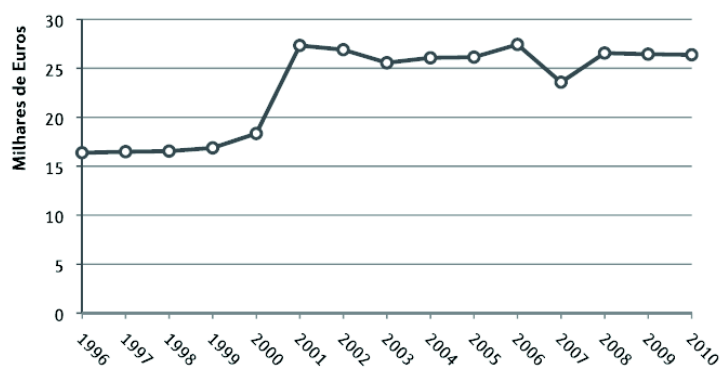
Ano	Custo Social Médio Anual dos Acidentes com Feridos Ligeiros (Valores em Euros)
1996	913.830.989
1997	942.829.823
1998	966.600.723
1999	972.265.583
2000	972.470.139
2001	1.400.638.069
2002	1.393.606.287
2003	1.293.475.203
2004	1.246.503.663
2005	1.188.900.916
2006	1.197.378.473
2007	1.018.774.998
2008	1.097.586.503
2009	1.157.998.863
2010	1.158.812.509

**A7. CUSTOS MÉDIOS ANUAIS DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS POR TIPO DE VÍTIMA
EM PORTUGAL (1996-2010)**

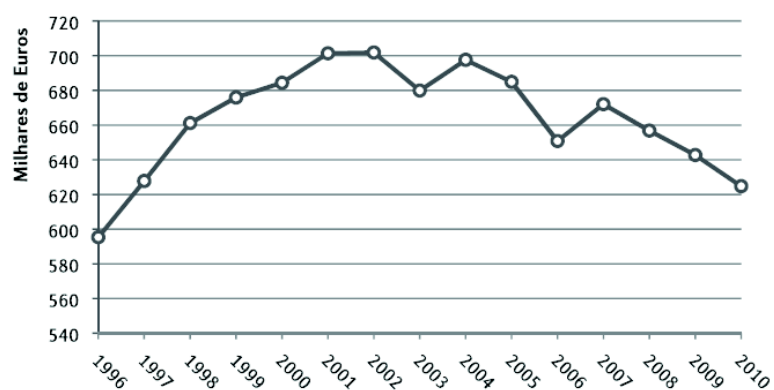
Evolução do custo médio por ferido grave



Evolução do custo médio por ferido ligeiro



Evolução do custo médio por vítima mortal



A8. ESTIMAÇÃO DO CUSTO MÉDIO DOS ACIDENTES RODOVIÁRIOS POR TIPO DE VÍTIMA EM PORTUGAL (2020)

Vítima mortal

Ano	nº vítimas	custo total	custo/vítima	salário mínimo	rácio
1996	2098	1250197239	596000	3812,8	156,3155686
1997	1939	1217203441	628000	3959,5	158,6058846
1998	1863	1233072090	662000	4113,1	160,9491624
1999	1745	1182844325	678000	4280,7	158,3853108
2000	1635	1114833343	682000	4455,3	153,0761116
2001	1469	1028231232	700000	4678,7	149,6142091
2002	1473	1030999221	700000	4872,1	143,6752119
2003	1356	921983307	680000	4992,4	136,2070347
2004	1135	791785522	698000	5118,4	136,3707409
2005	1099	749321665	682000	5245,8	130,0087689
2006	852	553188798	650000	5402,5	120,3146691
2007	855	573938956	672000	5642	119,1066998
2008	775	509705841	658000	5964	110,3286385
2009	738	473667213	642000	6300	101,9047619
2010	745	462951908	622000	6650	93,53383459
		663333,3333			135,2264405
2020		1202163,056		8890	

Ferido grave

Ano	nº vítimas	custo total	custo/vítima	salário mínimo	rácio
1996	10842	921518835	85000	3812,8	22,2933
1997	9366	805448157	86000	3959,5	21,7199
1998	8201	717551494	87500	4113,1	21,2735
1999	7687	684104314	89000	4280,7	20,791
2000	6880	632885172	92000	4455,3	20,6496
2001	5764	587877957	102000	4678,7	21,8009
2002	4741	485916347	102500	4872,1	21,0382
2003	4660	454334263	97500	4992,4	19,5297
2004	4203	416032370	99000	5118,4	19,342
2005	3777	370129330	98000	5245,8	18,6816
2006	3459	352794520	102000	5402,5	18,8801
2007	3139	307528248	98000	5642	17,3697
2008	2599	262474940	101000	5964	16,9349
2009	2616	266758689	102000	6300	16,1905
2010	2629	268060232	102000	6650	15,3383
		96233,33333			19,4556
2020		172959,8645		8890	

Ferido leve

Ano	nº vítimas	custo total	custo/vítima	salário mínimo	rácio
1996	57115	913830989	16000	3812,8	4,196391104
1997	58927	942829823	16000	3959,5	4,040914257
1998	60413	966600723	16000	4113,1	3,890009968
1999	57193	972265583	17000	4280,7	3,971313103
2000	51183	972470139	19000	4455,3	4,264583754
2001	51876	1400638069	27000	4678,7	5,770833779
2002	52589	1393606287	26500	4872,1	5,439133023
2003	50725	1293475203	25500	4992,4	5,107763801
2004	47943	1246503663	26000	5118,4	5,07971241
2005	45727	1188900916	26000	5245,8	4,956346029
2006	43542	1197378473	27500	5402,5	5,090236002
2007	42449	1018774998	24000	5642	4,253810705
2008	42215	1097586503	26000	5964	4,359490275
2009	44539	1157998863	26000	6300	4,126984127
2010	44570	1158812509	26000	6650	3,909774436
		22966,66667			4,563819785
2020		40572,35789		8890	

