



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



As guardas de segurança para proteção a motociclistas. Características e graus de eficácia

MÁRIO JORGE LEÃO VINAGRE
(Licenciado em Engenharia Civil)

**Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Civil**

Orientador:
Engenheiro João Manuel Sousa Marques

Júri:
Doutor João Alfredo dos Santos
Engenheiro João Manuel Sousa Marques
Engenheira Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes

Janeiro 2013



Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Vítor e Fernanda, à minha irmã Daniela, o apoio e carinho que sempre me foi dado por eles ao longo da minha. Sem eles não seria nada daquilo que sou hoje. Não consigo descrever por palavras tudo aquilo que significam para mim.

Aos meus avôs, Joaquim e Jacinto, que infelizmente já não estão entre nós... não me esqueço de vocês! ☺ Às minhas avós que me educaram e ajudaram a crescer. Obrigado!

A toda a minha família, que, também me ajudou muito a crescer como pessoa, em especial aos meus primos/as e grandes amigos Grace, Carina, Jainete (Madrinha), Miguel, Pedro e David. E à coisinha mais linda do mundo o meu primo Lourenço.

Ao meu orientador, Eng.º João Sousa Marques, obrigado pela paciência, sugestões e discussões pertinentes ao longo da realização desta dissertação.

Aos meus amigos André Pinto, Miguel Silva, Miguel Roberto, Emanuel Silva, Inês Biléu e Susana Coelho a paciência que vocês têm para me aturar é simplesmente demais ☺.

Aos meus colegas Iselianos, em especial aos meus amigos, Tiago, Diogo, Cristiano, Catarina, Inês e Daniela, obrigado por todos os bons momentos que me proporcionaram e desculpem muitas vezes vos ter falhado.

Life is just begining



Resumo

Os acidentes envolvendo veículos de duas rodas, são um dos maiores problemas da segurança rodoviária atual, no âmbito Europeu. Um dos tipos de acidentes que pode causar danos mais graves aos ocupantes desses veículos é o embate com guardas de segurança. Em consequência disso, neste trabalho foram desenvolvidas opiniões, abonatórias ou não, ao uso de dispositivos de proteção para motociclistas acoplados nas guardas de segurança.

Estas opiniões vão partir de dados estatísticos, de estudos e exemplos concretos de vários autores e publicações relacionados com esta temática, sendo que o tipo de dispositivo de proteção para motociclistas que vai estar mais em foco e sendo ele o mais habitual nas estradas portuguesas será a saia metálica.

Estes dispositivos de segurança para motociclistas ainda não são de uso obrigatório nas guardas de segurança na maioria dos países do continente Europeu, segundo a norma europeia EN 1317, apesar deste tipo de proteção já estar normalizada segundo padrões de lesões biomecânicos na zona da cabeça, cervical e anca/abdómen descritos na norma EN 1317 UNE 135900 – 1:2003, em alguns países é descurado o uso destas proteções, por não serem obrigatórias e porque ainda se tornam mais dispendiosas que as guardas de segurança habituais (barreiras de metal simples).

Este estudo serviu essencialmente para verificar se estes dispositivos salvaguardam ou não a vida dos utilizadores de duas rodas, pois, se pelo contrário, aumentam ainda o risco, ou de lesões mais gravosas ou mesmo de morte, aquando o embate com as mesmas, os gastos associados a este tipo de equipamentos serão totalmente inúteis e desnecessários.



Abstract

Accidents involving two-wheeled vehicles are one of the biggest problems nowadays concerning road safety in Europe. One type of accidents that can cause more serious damage to the occupants of these vehicles is the crash against these safety barriers. Consequently, this study try to reflect different points of views, pro or not, about the use of motorcyclist protection systems engaged in crash barriers.

These points of view are based upon statistics analysis, studies and concrete examples of various authors and also papers related to this subject. The type of protective device for motorcyclists who will be more in focus in this study is the most common protective device for motorcyclists in Portuguese roads - the **motorcycle-friendly crash barrier**.

These safety devices for motorcyclists' aren't required to use in most countries of Europe. According to European standard EN 1317, although this type of protection has been normalized according to patterns of biomechanical injuries on the head, neck and hip / abdomen described in EN 135 900 UNE 1317 - 1:2003, in some countries is still neglected the use of such protections, because they are not mandatory and it become even more expensive than the more usual security guards (single metal rail).

This study served mainly to check if these motorcycle-friendly devices safeguard the two wheelers drivers, but in the other way, if it increases the risk of more serious injuries or even death, when the clash with them, the costs associated with this equipment will be completely useless and unnecessary.



Palavras-Chave

Motociclistas

Duas Rodas a Motor

Guardas de Segurança

Dispositivo de Proteção para Motociclistas

Custo-benefício

Ângulo e Velocidade de Contato/Impacto

Critérios da Biomecânica

Keywords

Motorcyclists

Powered Two Wheel

Guard Rail

Motorcyclist Protection Systems

Cost-Benefit

Angle and Speed Contact/Impact

Biomechanics Criteria



Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento Geral	1
1.2. Motivação	3
1.3. Objetivos e Estruturação do Trabalho.....	4
2. Sinistralidade e Segurança Rodoviária	6
2.1. Análise de Dados	6
2.1.1. Sinistralidade Rodoviária de 2000 a 2010 em Portugal	7
2.1.2 Mortalidade em Veículos de “Duas Rodas” – Dados Europeus (ANSR [3])	15
2.2. Comportamento tipo de um Motociclista	17
2.3. Segurança para um Motociclista.....	20
3. Guardas de Segurança	25
3.1. Tipos de Guardas de Segurança.....	29
3.2. Dispositivo de Proteção para Motociclistas (DPM)	34
3.3. Diretrizes a tomar pelos Engenheiros Rodoviários.....	36
3.4. Tipo de Dispositivos de Proteção para Motociclistas (DPM).....	37
3.5. Conceções Inovadoras para Segurança Rodoviária	42
4. Custo-benefício para as guardas de segurança	44
4.1. Análise das guardas de segurança consoante as suas características e o seu custo	45
4.2. Custo dos acidentes rodoviários	50
4.3. Metodologia de cálculo do custo dos acidentes.....	51
4.4. Análise custo-benefício e o caso Norueguês	52
4.5. Análise à instalação em vários países de Dispositivos de Proteção para Motociclistas	53
4.5.1. França	53
4.5.2. Holanda	54
4.5.3. Austrália	54
4.6. Análise de custo-benefício em Portugal – Exemplo Teórico	57
4.6.1. Metodologia	58
5. Avaliação de grau de eficácia ao despiste	67
5.1. Principais Lesões nos Embates com Guardas de Segurança	68



5.2. Bases técnicas para o desenvolvimento de um padrão de impacto de veículos de duas rodas em guardas de segurança	70
5.2.1. L.I.E.R. – França	70
5.2.2. DEKRA – Alemanha.....	72
5.2.3. Norma 1317 UNE 135900 – 1:2003 – Teste Espanhol (CIDAUT).....	73
5.3. Eficácia das Guardas de Segurança	81
6. Conclusões e Recomendações	85
7. Referências	90
8. Bibliografia/Webgrafia.....	93



Índice de Figuras

Figura 3.1 – Esquema da instalação duma guarda de segurança.....	26
Figura 3.2 – Classes de contenção das guardas de segurança segundo a EN 1317	29
Figura 3.3 – Barreira Metálica Simples.....	30
Figura 3.4 – Perfil Longitudinal e Perfil Transversal de uma Barreira Metálica Simples	30
Figura 3.5 – União entre duas vigas metálicas	31
Figura 3.6 – Barreira simples de madeira.....	31
Figura 3.7 – Utilização de barreiras de cabos de aço em separador central	32
Figura 3.8 - Barreira de Cabos em separador central numa estrada da Suécia....	32
Figura 3.9 – Barreira de Betão New Jersey em separador central, na Ponte Vasco da Gama.....	33
Figura 3.10 – Tipologia de uma barreira New Jersey assimétrica em perfil transversal. Fonte: InIR	34
Figura 3.11 - Sistema de Saia metálica, numa estrada em França.....	38
Figura 3.12- Perfil Longitudinal duma guarda protegida com saia metálica	39
Figura 3.13 – Terminal da Saia Metálica	39
Figura 3.14- Proteção dos Prumos das guardas de segurança de barreira metálica simples com pneus usados.....	40
Figura 3.15 - Proteção dos prumos de barreiras metálicas simples com Poliestireno Expandido.....	41
Figura 3.16 – Proteção com tubo plástico duplo	41
Figura 3.17 – Atuação do sistema Smart RRS	43
de proteções para motociclistas	56
Figura 4.1 – Moto e guarda de segurança nas quais ocorreu o acidente	57
Figura 5.1 – Ensaios da L.I.E.R. para avaliação de desempenho das guardas de segurança	71
Figura 5.2 – Ensaio 1 da DEKRA para avaliação de desempenho das guardas de segurança	72
Figura 5.3 – Ensaio 2 da DEKRA para avaliação de desempenho das guardas de segurança	73
Figura 5.4 – Tração - Flexão	76
Figura 5.5 – Tração - Extensão.....	76



Figura 5.6 – Compressão-Flexão.....	76
Figura 5.7 – Compressão - Extensão.....	76
Figura 5.8 – Representação dos sentidos das forças e momentos num dummy..	76
Figura 5.9 – Grave acidente de Lee Richardson, na Polónia.....	83



Índice de Quadros

Quadro 2.1 – Lista de acidentes rodoviários de 2000 a 2010 em Portugal. Fonte: ANSR	7
Quadro 2.2 – Vítimas em acidentes envolvendo veículos de duas rodas de 2000 a 2010. Fonte: ANSR	9
Quadro 2.3 - Tipologia dos acidentes de duas rodas em Portugal de 2000 e 2010. Fonte: ANSR	11
Quadro 2.4 – Índice de gravidade de colisão com obstáculos na envolvente da estrada.....	12
Quadro 2.5 – Matriz Haddon dos aspetos mais importantes para a segurança dos motociclistas	22
Quadro 3.1 - Critérios de necessidade colocação de dispositivos de retenção em alguns países europeus.	27
Quadro 3.2 – Massa e Velocidade de impacto que a guarda deve conter por classe	29
Quadro 4.1 – Taxas de custo padrão para acidentes.....	51
Quadro 4.2 – Estimativas de custo das lesões	51
Quadro 4.3 – Custos de acidentes por tipo de lesão e perda de propriedades físicas	52
Quadro 4.4 – Cálculo do custo de acidente para uma autoestrada	52
Quadro 4.5 – Total de acidentes envolvendo motociclistas com guardas de segurança nas estradas de Adelaide Hills, entre de 2001 e 2010	56
Quadro 4.6 – Total de acidentes envolvendo motociclistas com guardas de segurança nas estradas de Adelaide Hills, entre Junho de 2010 e Março de 2012, após a instalação de proteções para motociclistas	56
Quadro 4.7 – Número de vítimas em acidentes rodoviários envolvendo veículos de duas rodas de 1995 a 2010.....	58
Quadro 4.8 – Vítimas mortais reais vs vítimas mortais expectáveis em acidentes envolvendo veículos de duas rodas	60
Quadro 4.9 – Vítimas de ferimentos graves reais vs vítimas de ferimentos graves expectáveis em acidentes envolvendo veículos de duas rodas	61
Quadro 4.10 – Vítimas de ferimentos ligeiros reais vs vítimas de ferimentos ligeiros expectáveis em acidentes envolvendo veículos de duas rodas	62
Quadro 4.11 – Diferença entre os custos expectáveis e os custos reais após a introdução de proteções para motociclistas nas guardas de segurança	65



Quadro 5.1 – Influência da velocidade na severidade dum acidente [20] (MRRA)	67
Quadro 5.2 – Tipo de lesões frequentes nos embates de motociclistas com guardas de segurança	68
Quadro 5.3 – Valores limite para lesões na cervical segundo a EN 1317 UNE 135900 – 1:2003	78
Quadro 5.4 – Valores limite para lesões no tórax segundo a EN 1317 UNE 135900 – 1:2003	80



Índice de Gráficos

Gráfico 2.1- Evolução do número de acidentes com vítimas em Portugal de 2000 a 2010. Fonte: ANSR	8
Gráfico 2.2 – Evolução do número de vítimas mortais em acidentes rodoviários em Portugal de 2000 a 2010. Fonte: ANSR	8
Gráfico 2.3 – Evolução dos números de vítimas mortais e feridos graves em acidentes envolvendo veículos de duas rodas de 2000 a 2010. Fonte: ANSR....	10
Gráfico 2.4 – Evolução da tipologia dos acidentes com veículos de duas rodas de 2000 a 2010. Fonte: ANSR.....	11
Gráfico 2.5 - Veículos intervenientes em acidentes em 2010 por cada 1000 em circulação. Fonte: ANSR.....	13
Gráfico 2.6 - Vítimas (Mortais, Feridos Graves e Ligeiros) nos acidentes de cada veículo, em 2010. Fonte: ANSR.....	13
Gráfico 2.7 – Taxa de Mortalidade por cada 1000 veículos envolvidos em acidentes, em 2010. Fonte: ANSR	14
Gráfico 2.8 – Tipologia de Acidentes por tipo de veículo, em 2010. Fonte: ANSR	15
Gráfico 2.9 – Evolução do número de vítimas mortais por milhão de habitante em variados tipos de transporte na União Europeia a 16, entre 1999 e 2008. Fonte: ANSR	16
Gráfico 2.10 – Vítimas mortais nos acidentes de duas rodas por milhão de habitante em vários países. Fonte: ANSR	17
Gráfico 2.11 – Principais Causas de Acidentes – Erro Humano. Fonte: MAIDS21	
Gráfico 4.1 – Comparação entre as vítimas mortais que ocorreram de 1995 a 2010 em acidentes envolvendo veículos de 2 rodas com o que era expectável (linha de tendência)	59
Gráfico 4.2 – Comparação entre o número de feridos graves que ocorreram de 1995 a 2010 em acidentes envolvendo veículos de 2 rodas com o que era expectável (linha de tendência)	61
Gráfico 4.3 – Comparação entre o número de feridos graves que ocorreram de 1995 a 2010 em acidentes envolvendo veículos de 2 rodas com o que era expectável (linha de tendência)	62
Gráfico 4.4 – Comparação entre as tipologias de acidentes e a sua percentagem no ano de 2003 e de 2010	64
Gráfico 5.1 – Comportamento das forças aplicadas ao pescoço/cervical com base em ensaios com dummies, segundo Mertz	77



Gráfico 5.2 – Resposta do pescoço à força de corte anterior-posterior com base em ensaios com dummies. Fonte: CIDAUT.....	78
Gráfico 5.3 – Resposta do pescoço à força de tração com base em ensaios com dummies. Fonte: CIDAUT	78
Gráfico 5.4 – Resposta do pescoço à força de compressão com base em ensaios com dummies. Fonte: CIDAUT	79



Siglas

ACEM	Association des Constructeurs Européens de Motocycles
ANSR	Autoridade Nacional Segurança Rodoviária
CEN	Comité Européen de Normalisation
CIDAUT	Fundación para la Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía
DEKRA	Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein
DL	Decreto-Lei
DPM	Dispositivos de Proteção para Motociclistas
DPTI	Department of Planning, Transport & Infrastructure
DR	Decreto Regulamentar
EN	European Norm
ENSR	Estratégia Nacional Segurança Rodoviária
EP	Estradas de Portugal
ERF	The European Union Road Federation
ETSC	European Transport Safety Council
EUA	Estados Unidos da América
FEMA	The Federation of European Motorcyclists' Associations
InIR	Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias
IHE	Institute of Highway Engineers
HIC	Head Injury Criterion
LIER	Laboratoire d'essai Inrets Equipements de la Route
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MAIDS	Motorcycle Accidents In Depth Study
MAG	Motorcycle Action Group
MRRA	Motards, Rails e Reconstrução de Acidentes



NMCU	Norsk Motorcykkel Union
OVD	Other Veichule Driver
PTW	Powered Two Wheel
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual
TRL	Transport Research Laboratory
UNE	Una Norma Española
UNIZAR	Universidad de Zaragoza
VC	Viscous Criteria



1. Introdução

1.1. Enquadramento Geral

Os acidentes envolvendo veículos de duas rodas e respetivas vítimas representam uma parcela muito significativa da sinistralidade rodoviária a nível nacional e europeu, relativamente à pouca proporção deste tipo de veículos e o resto dos veículos no cômputo geral. Devido a isso foi necessário novos tipos princípios, regras e medidas dirigidas aos utentes de duas rodas.

Os utilizadores de duas rodas têm necessidades e problemas particulares, que passam frequentemente despercebidos aos diversos intervenientes nas atividades rodoviárias. Devido a esse facto, têm que se ter diversos cuidados ao projetar e conceber uma infraestrutura adequada para esse grupo de utentes da via, o que requer conhecimento de como estes inserem/operam no meio do tráfego.

Existe um determinado número de características desse grupo que os tornam singulares, e que colocam desafios particulares na atividade de condução (estabilidade do veículo, conspicuidade, acelerações e travagens, trajetórias e visão do condutor) com implicações na conceção da infraestrutura.

As melhores infraestruturas rodoviárias para este grupo de utilizadores da via, serão aquelas que proporcionem:

- Homogeneidade, tratamento uniforme e normalizado em situações similares, que não surpreenda os condutores;
- Valores ótimos de parâmetros de projeto, em vez de mínimos;
- Níveis adequados de manutenção;
- Informação prévia e aviso das situações de perigo, bom delineamento da via;
- Informação de controlo e navegação disponibilizada na hora e locais certos;
- Informação repetida se e só se de forma consistente com critérios específicos adotados.



Existem ainda situações e elementos particulares do ambiente rodoviário que colocam problemas aos utilizadores de duas rodas, dos quais todos os responsáveis da área devem estar atentos, como é o caso do traçado, pavimento e marcas rodoviárias, outros equipamentos e guardas de segurança que serão o motivo de estudo deste trabalho.

Seguidamente irá ser explicitada a motivação para o desenvolvimento deste trabalho, uma revisão bibliográfica e serão apresentados os objetivos e estruturação do trabalho.



1.2. Motivação

A nível pessoal e uma vez que a Engenharia Civil desenvolve a sua prática para satisfazer as condições de bem-estar das pessoas e a sua qualidade de vida, é de enorme interesse a escolha de um tema que foque o ser humano como a componente objetiva mais importante da Engenharia.

A análise deste tipo de equipamento de estrada (guardas de segurança) merece um enfoque particular na Engenharia de Segurança Rodoviária atual e é nesta questão que o conhecimento da Engenharia e o bom senso são relevantes, pois nem todos os equipamentos de segurança, em alguns casos, não conseguem cumprir os pressupostos para os quais são dimensionados.

Este trabalho permitirá o conhecimento de diferentes opiniões, tanto daqueles que dimensionam as estruturas como dos motociclistas, pois só conhecendo ambas a partes e as experiências de cada um, se podem encontrar as melhores soluções sobre este tema, conhecendo as vantagens e os inconvenientes que estes equipamentos podem trazer à infraestrutura rodoviária.

Em Portugal, não existe nenhum estudo documentado sobre dispositivos de proteção para motociclistas, ou acidentes envolvendo motociclistas e guardas de segurança, qual o tipo de proteção que se deveria utilizar e que tipo seria mais adequado para que o nível de lesões fosse menos gravoso.

Neste contexto seria também interessante identificar se os investimentos com estas estruturas são ou não viáveis economicamente, pois países com imensas dificuldades como é o exemplo de Portugal, não devem desperdiçar dinheiro com estruturas que deveriam proteger as vidas dos utentes de duas rodas e, que por vezes, até podem funcionar no sentido inverso para os propósitos para as quais foram concebidas, isto sem nunca esquecer que os motociclistas deveriam circular com o máximo civismo nas estradas e respeitando as instruções dadas pelo Código da Estrada.



1.3. Objetivos e Estruturação do Trabalho

O principal objetivo deste trabalho é analisar as guardas de segurança para os motociclistas, identificando as suas principais características e graus de eficácia ao despiste. Para o efeito deve ter-se em conta os seguintes fatores:

- Estudar o comportamento deste tipo de estruturas em diversos países;
- Determinar custos e benefícios;
- Avaliar o grau de eficácia ao despiste em função da velocidade de impacto.

Para a avaliação destes fatores irá contribuir a informação disponibilizada por diversas organizações sobre as quais foram requeridos dados, como é o caso da **EP** – Estradas de Portugal, **ANSR** – Autoridade Nacional Segurança Rodoviária, **FEMA** – *The Federation of European Motorcyclists' Associations*, **ETSC** – *European Transport Safety Council* e **ERF** – *The European Union Road Federation*.

Em termos organizacionais, este Trabalho Final de Mestrado irá contar com **8 capítulos**, sendo que no **capítulo 1**, é feita uma breve introdução ao tema em estudo, no **capítulo 7** contém as referências a publicações e autores e o **capítulo 8** a bibliografia utilizada no trabalho. A estruturação, foi efetuada da seguinte forma:

No **capítulo 2** vão ser mostrados dados e aspetos mais importantes de acidentes rodoviários em geral a nível nacional e de veículos de duas rodas a nível nacional e também europeu. Pretende-se mencionar as particularidades dos acidentes de veículos de duas rodas em relação aos outros meios de transporte rodoviário.

O **capítulo 3** vai permitir verificar os critérios de colocação de guardas de segurança em diversos países e observar quais os tipos de guardas de segurança existentes, com e sem Dispositivos de Proteção para Motociclistas.

No **capítulo 4**, serão determinados os custos e benefícios do uso de guardas de segurança. Neste capítulo pretende-se analisar as vantagens, desvantagens e custos dos diversos tipos de guardas de segurança, dar-se-ão exemplos concretos em que as guardas de segurança evitam, danos de maior para os utentes da estradas e os custos que advém dessas situações (custos em caso de acidentes e custos na incrementação da segurança).



No **capítulo 5**, será analisado o grau de eficácia ao despiste em função da velocidade de impacto, onde serão tidos em conta alguns estudos elaborados acerca desse tema e quais os principais tipos de lesões ocorridos aquando o embate de um motociclista com guardas de segurança.

Por fim, no **capítulo 6** irão ser apresentadas as principais conclusões deste trabalho, comentando os resultados obtidos e sugerir novas ideias sobre esta problemática.



2. Sinistralidade e Segurança Rodoviária

2.1. Análise de Dados

Como se sabe, a sinistralidade rodoviária é um dos grandes flagelos dos nossos dias devido aos problemas sociais e económicos que provoca. Em Portugal, segundo dados dos relatórios da União Europeia, a sinistralidade tem vindo a diminuir mas mesmo assim os resultados obtidos não são satisfatórios.

A ENSR (Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária) elaborada em 2009, para vigorar até 2015 em Portugal, tem como objetivos primários o seguinte:

- Colocar Portugal entre os 10 países da União Europeia com mais baixa sinistralidade rodoviária, medida em mortos a 30 dias (vítimas que morreram no período compreendidos entre o acidente e os 30 dias subsequentes) por milhão de habitantes;
- Colocar, até 2011, a sinistralidade rodoviária portuguesa em **78 mortes por milhão de habitantes**, com uma redução de 14,3% face a 2006;
- Melhorar esse indicador, para em 2015 alcançar as **62 mortes por milhão de habitantes**, com uma redução de 31,6% face a 2006;

Alguns estudos referem que a circulação de veículos de duas rodas a motor pode ser benéfica para o desenvolvimento de uma mobilidade sustentável, especialmente em meio urbano, desde que as vantagens daí decorrentes compensem alguns inconvenientes, sendo que um deles se prende, precisamente, com a sinistralidade rodoviária.

Por sua vez, os veículos de duas rodas apesar de existirem em muito menor número (cerca de 21%) na rede rodoviária nacional em relação ao número de veículos de quatro rodas, ocupam uma grande percentagem das vítimas mortais dos acidentes rodoviários em Portugal. Segundo dados da ANSR (Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária) [1], no período de 2000 a 2010, os condutores de duas rodas foram em média cerca de 27% das vítimas mortais.

Assim, este capítulo irá focar-se essencialmente nos acidentes envolvendo veículos de duas rodas, sendo que serão referidos também acidentes de outros veículos, que aconteceram de 2000 a 2010.



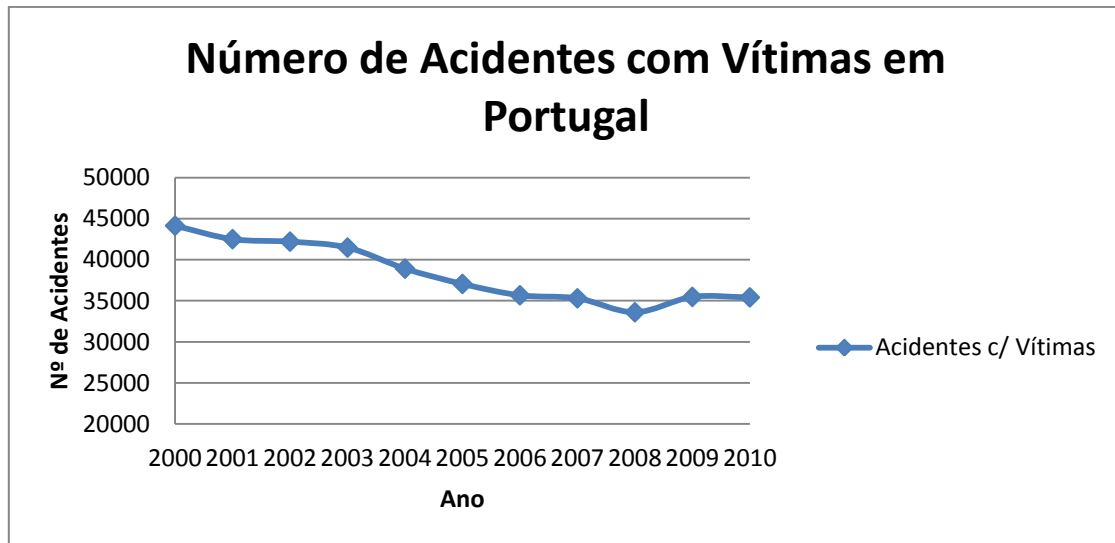
2.1.1. Sinistralidade Rodoviária de 2000 a 2010 em Portugal

No quadro 1, estão descritos os números dos acidentes rodoviários que proporcionaram vítimas, num período de 2000 a 2010, na Rede Rodoviária Nacional.

Quadro 2.1 – Lista de acidentes rodoviários de 2000 a 2010 em Portugal. Fonte: ANSR

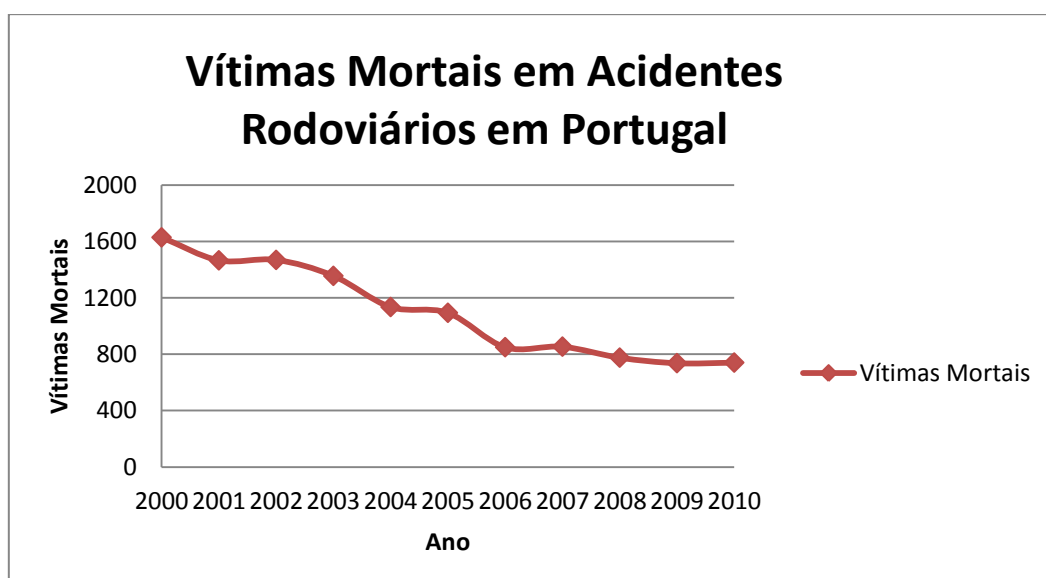
Lista de Acidentes Rodoviários de 2000 a 2010 em Portugal				
Ano	Acidentes c/ Vítimas	Vítimas Mortais	Feridos Graves	Feridos Ligeiros
2000	44159	1629	6918	53006
2001	42521	1466	5797	51247
2002	42219	1469	4770	51815
2003	41495	1356	4659	50599
2004	38930	1135	4190	47819
2005	37066	1094	3762	45487
2006	35680	850	3483	43654
2007	35311	854	3166	43202
2008	33613	776	2606	41327
2009	35484	737	2624	43790
2010	35426	741	2637	43924

Gráfico 2.1- Evolução do número de acidentes com vítimas em Portugal de 2000 a 2010. Fonte: ANSR



Como se pode verificar pela evolução do gráfico 2.1 e dos dados do quadro 1.1 o número de acidentes com vítimas tem vindo a diminuir a um bom ritmo, tendo atingido mesmo o número mínimo em 2008 com 33613 acidentes com vítimas, o que parece revelar uma maior consciência social dos utentes. É de realçar que o número de acidentes com vítimas em 10 anos diminuiu cerca de **19,8%**.

Gráfico 2.2 – Evolução do número de vítimas mortais em acidentes rodoviários em Portugal de 2000 a 2010. Fonte: ANSR





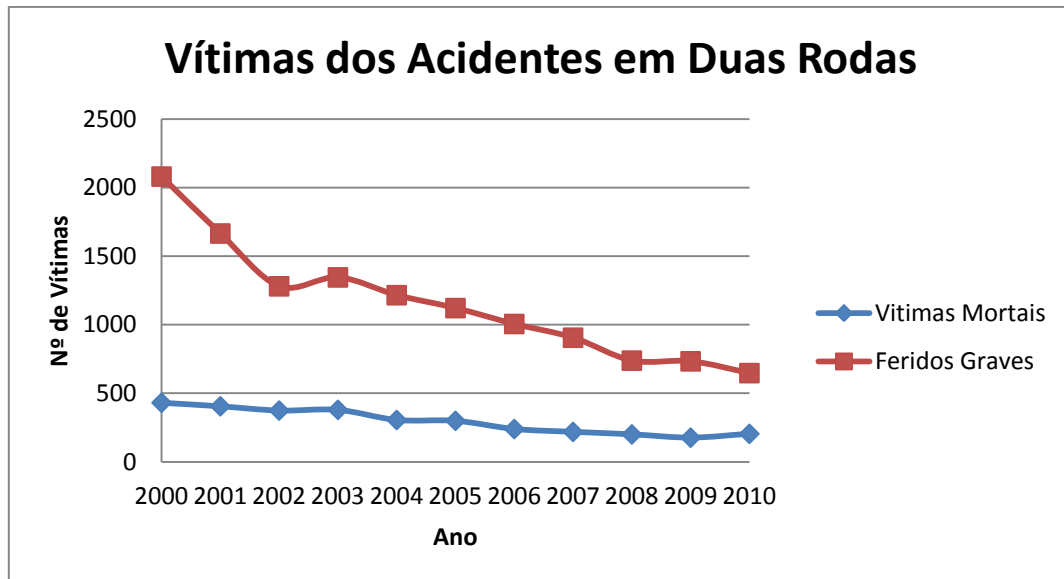
O mínimo de vítimas mortais foi atingido em 2009 com 737 vítimas. Em 10 anos houve uma diminuição de cerca de 54,5% de vitimas mortais, ou seja, em 10 anos passaram a morrer menos de metade das pessoas que em 2000. Em relação aos objetivos da ESNR, tendo em conta o ano base de 2006, em 2010 existiu uma diminuição de 12,8% de vítimas mortais, perto do objetivo traçado para 2011, que é de uma redução de 14,6% em relação ao mesmo ano.

No quadro 2, irão ser revelados os números dos acidentes rodoviários que proporcionaram vítimas envolvendo veículos de duas rodas, num período de 2000 a 2010, na Rede Rodoviária Nacional.

Quadro 2.2 – Vítimas em acidentes envolvendo veículos de duas rodas de 2000 a 2010. Fonte: ANSR

Acidentes envolvendo veículos de duas rodas de 2000 a 2010			
Ano	Vítimas Mortais	Feridos Graves	Feridos Ligeiros
2000	432	2081	13468
2001	406	1666	14240
2002	375	1281	11375
2003	380	1346	10750
2004	306	1216	10334
2005	300	1122	9598
2006	240	1006	8950
2007	219	906	8953
2008	201	739	8139
2009	177	734	8137
2010	205	648	7970

Gráfico 2.3 – Evolução dos números de vítimas mortais e feridos graves em acidentes envolvendo veículos de duas rodas de 2000 a 2010. Fonte: ANSR



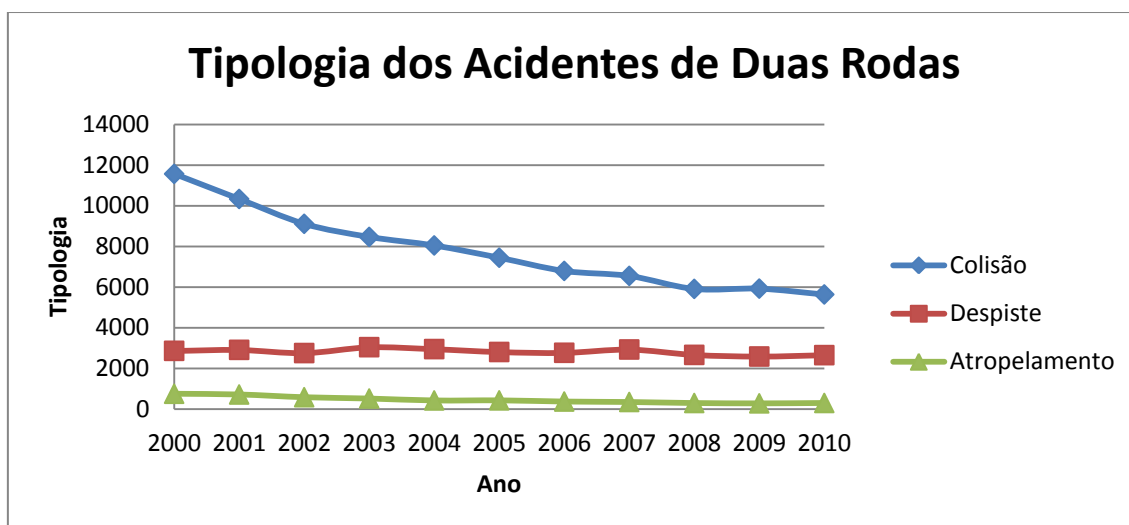
As vítimas dos acidentes com veículos de duas rodas em concordância com o que se tem verificado na globalidade dos acidentes na rede rodoviária também têm vindo a diminuir gradualmente desde 2000 até 2010. Realmente em 2010 atingiu-se uma diminuição de **52,5%** de vítimas mortais, sendo um valor abaixo do da generalidade dos acidentes. O número mais baixo de vítimas mortais derivadas de acidentes com veículos de duas rodas, ocorreu em 2009 com **177** vítimas mortais. A quantidade de feridos graves tem vindo também a diminuir a um elevado ritmo.

No quadro 3 serão revelados s principais tipologias de acidente mais frequentes em acidentes rodoviários envolvendo veículos de duas rodas de 2000 a 2010.

Quadro 2.3 - Tipologia dos acidentes de duas rodas em Portugal de 2000 e 2010.
Fonte: ANSR

Tipologia dos acidentes de duas rodas				
Ano	Colisão	Despiste	Atropelamento	Total
2000	11562	2854	743	15159
2001	10327	2903	707	13937
2002	9105	2746	573	12424
2003	8460	3035	509	12004
2004	8040	2941	414	11395
2005	7437	2798	419	10654
2006	6787	2759	361	9907
2007	6542	2922	338	9802
2008	5904	2655	288	8847
2009	5916	2576	272	8764
2010	5629	2643	290	8562

Gráfico 2.4 – Evolução da tipologia dos acidentes com veículos de duas rodas de 2000 a 2010. Fonte: ANSR





Como se pode verificar, as colisões (com obstáculos na envolvente à via e outros veículos) são o tipo de acidente que mais ocorre nos veículos de duas rodas. Os acidentes envolvendo colisões e atropelamentos, tem vindo a diminuir gradualmente ao longo dos anos, exceção feita aos acidentes devido a despiste que continuam a ter mais ou menos a mesma frequência ao longo dos anos.

O quadro 2.4 (retirado da publicação *La sécurité routière en France* [2]) permite conhecer o índice de gravidade de colisão de veículos com obstáculos envolventes à via, nas estradas Francesas.

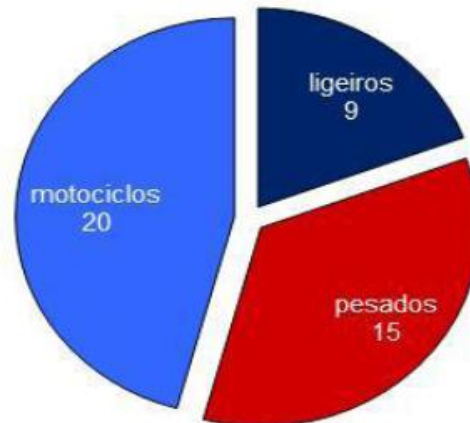
Quadro 2.4 – Índice de gravidade de colisão com obstáculos na envolvente da estrada

	Veículos Envolvidos		Mortos		Gravidade (mortos/100 veículos envolvidos)
	nº	%	nº	%	
Guardas de Segurança	2811	17,83	185	10,84	6,6
Árvores	1830	11,61	513	30,07	28,0
Paredes/Pilares/Guarda Corpos	1533	9,73	212	12,43	13,8
Guarda Corpos	142	0,90	18	1,06	12,7
Postes	1302	8,26	202	11,84	15,5
Valas/Encostas/Rochas	2249	14,27	316	18,52	14,1
Sinais	740	4,69	52	3,05	7,0
Obstáculos Urbanos	5156	32,71	208	12,19	4,0
Total	15763	100	1706	100	101,7

Como se pode verificar o número de vítimas mortais em colisões com guardas de segurança é de cerca de 11% do número de todas colisões entre veículos e obstáculos. O índice de gravidade que se refere ao quociente entre o nº de mortos por 100 veículos envolvidos revela que a colisão de veículos com guardas de segurança não é a mais agressiva, pois mesmo sendo um dos mais frequentes é também um dos que regista menos fatalidades.

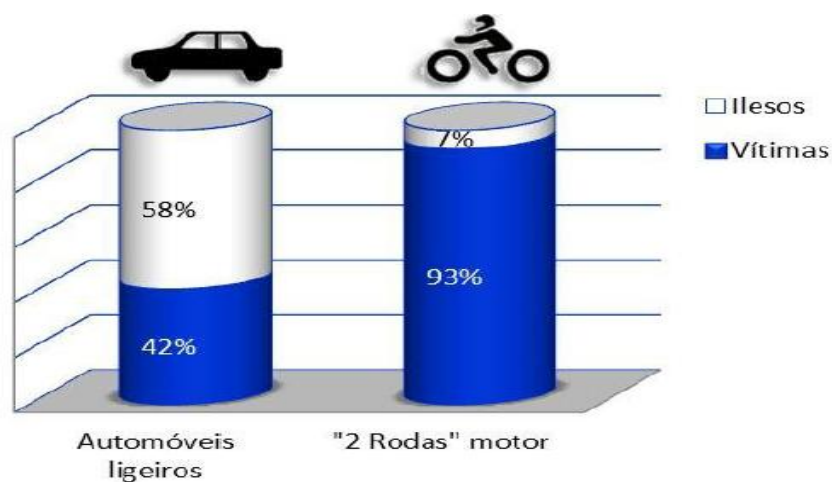
Em 2010, segundo a publicação da ANSR [3], a ocorrência de acidentes por cada meio de transporte distinto teve a seguinte distribuição:

Gráfico 2.5 - Veículos intervenientes em acidentes em 2010 por cada 1000 em circulação. Fonte: ANSR



No gráfico 2.5, verifica-se que, os motociclos são os veículos envolvidos com maior frequência em acidentes rodoviários, mesmo quando a percentagem de utilização desses veículos é bastante inferior em relação aos outros meios de transporte citados no gráfico (cerca de 21%).

Gráfico 2.6 - Vítimas (Mortais, Feridos Graves e Ligeiros) nos acidentes de cada veículo, em 2010. Fonte: ANSR

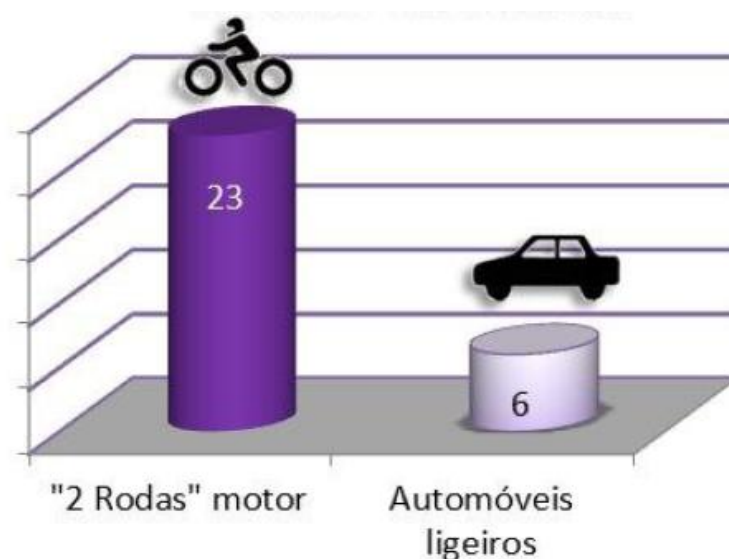


Com base no número total de acidentes rodoviários em Portugal no ano de 2010, verifica-se que, no caso dos acidentes envolvendo veículos de duas rodas a motor, a percentagem de utentes que sofrem algum tipo de ferimento ou falece, é cerca de 93% do total de utilizadores dessa classe envolvidos em acidentes.

No caso dos automóveis ligeiros, “apenas” 42% da totalidade dos utentes envolvidos sofre ferimentos ou por vezes até falece, aquando acidentes envolvendo veículos dessa classe.

Estes números são de facto preocupantes, pois demonstra a vulnerabilidade a que os utentes de duas rodas estão sujeitos, ainda mais se não usarem equipamentos de proteção adequados e que por outro lado, os utilizadores de automóveis ligeiros, correm menores riscos aquando acontece um infortúnio deste tipo.

Gráfico 2.7 – Taxa de Mortalidade por cada 1000 veículos envolvidos em acidentes, em 2010. Fonte: ANSR



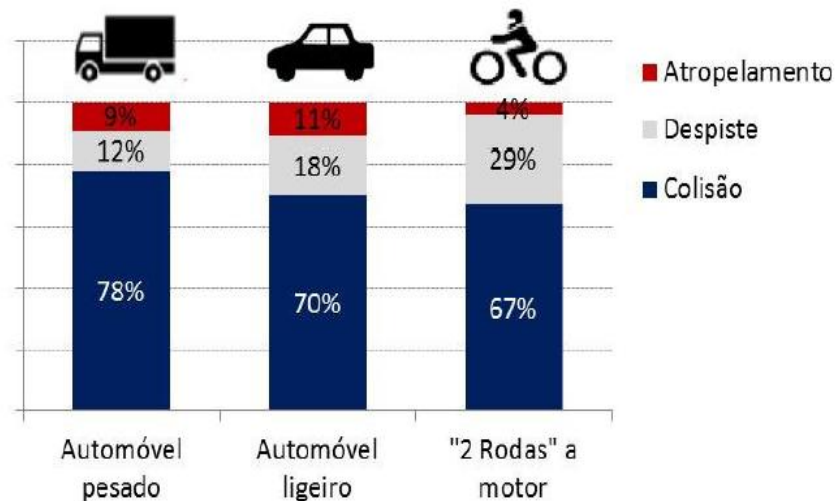
Em 2010, registaram-se 6 vítimas mortais, por cada 1000 automóveis ligeiros intervenientes em acidentes, e 23, por cada 1000 ciclomotores e motociclos.

Isto significa que a probabilidade de morte dos condutores de veículos de duas rodas a motor foi de cerca de quatro vezes superior à dos ligeiros.

Esta vulnerabilidade dos condutores de duas rodas provém das próprias características do veículo como, menor proteção, visibilidade e estabilidade, e noutros

casos devido ao comportamento dos seus condutores, designadamente, a falsa perceção dos riscos e a má apreciação das infraestruturas, que será abordado no capítulo seguinte.

Gráfico 2.8 – Tipologia de Acidentes por tipo de veículo, em 2010. Fonte: ANSR

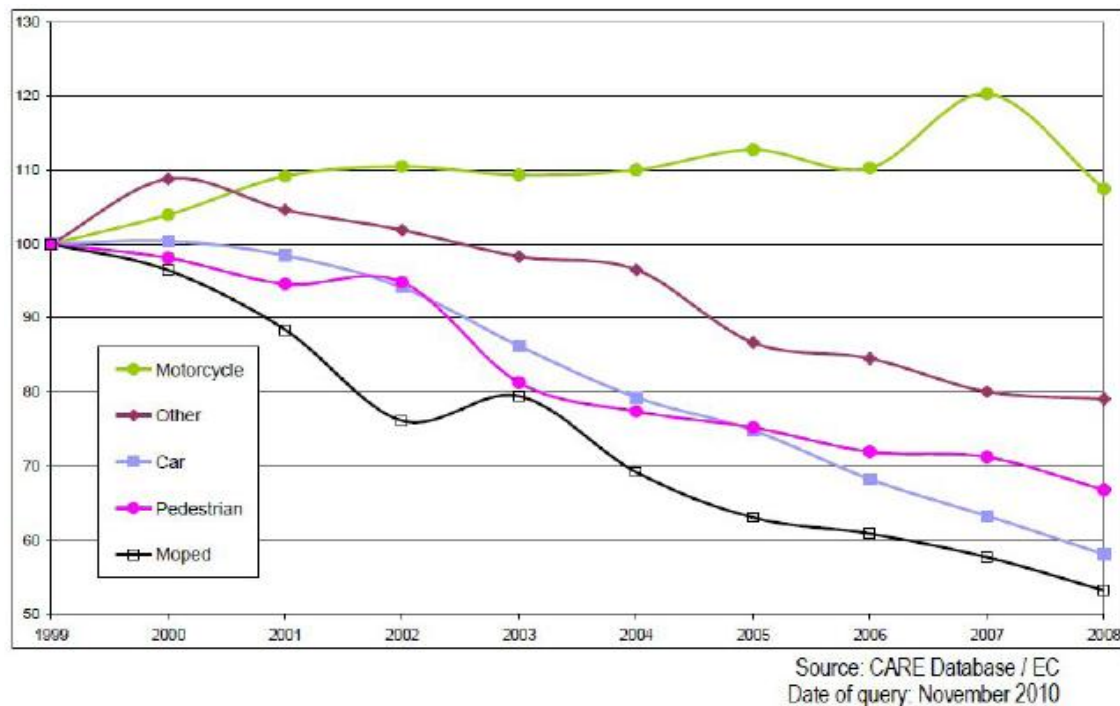


Como se pode verificar, tendo em conta o gráfico 8, a tipologia de acidentes mais frequente na rede rodoviária nacional é aquele que envolve colisões de veículos contra veículos e/ou obstáculos. No caso dos veículos de duas rodas é também frequente haver-se bastantes despistes, e isso deve-se à fraca estabilidade que esse tipo de veículos tem.

2.1.2 Mortalidade em Veículos de “Duas Rodas” – Dados Europeus (ANSR [3])

A nível Europeu a sinistralidade rodoviária também tem vindo a diminuir como acontece em Portugal, o seguinte gráfico mostra-nos a evolução da sinistralidade rodoviária, por tipo de transporte de 1999 a 2008.

Gráfico 2.9 – Evolução do número de vítimas mortais por milhão de habitante em variados tipos de transporte na União Europeia a 16, entre 1999 e 2008. Fonte: ANSR



Legenda:

Motorciclos

Outros

Carros

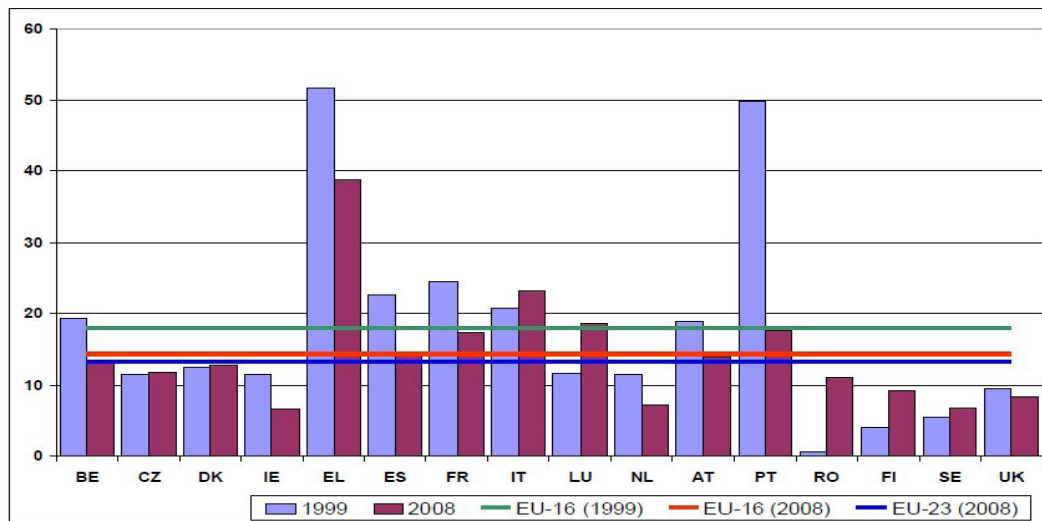
Peões

Ciclomotores

Pela análise do gráfico 2.9 pode-se verificar que a taxa de mortalidade tem vindo a decrescer em todos os meios de transporte à exceção dos motociclos. A maior queda na taxa de mortalidade aconteceu nos ciclomotores.

O gráfico seguinte, mostra a evolução da mortalidade em veículos de duas rodas em vários estados membros da União Europeia.

Gráfico 2.10 – Vítimas mortais nos acidentes de duas rodas por milhão de habitante em vários países. Fonte: ANSR



Source: CARE Database / EC
Date of query: November 2010

Após análise do gráfico 2.10, verifica-se que Portugal reduziu drasticamente o número de vítimas mortais de 1999 para 2008 sendo mesmo o país que teve a maior descida, mas mesmo assim continua com uma taxa de mortalidade bastante elevada. Os países com menor taxa de mortalidade são países do Norte da Europa, como a Finlândia e a Suécia, e, o Reino Unido. Por outro lado, Eslovénia, Itália e Lituânia são os países com maior taxa de mortalidade por milhão de habitante.

Estes resultados apresentados são elucidativos do esforço que Portugal está a levar a cabo para que a sua sinistralidade rodoviária diminua.

2.2. Comportamento tipo de um Motociclista

Antes de se analisar no detalhe os dispositivos de segurança para os veículos de duas rodas a motor, é importante abordar previamente algumas questões relacionadas com o fator humano, isto é, fazer uma análise sobre o seu perfil psicológico. Essa análise pode ter um contributo importante para o engenheiro que lida com as condições de segurança rodoviária nas várias vertentes, veículo, fator humano e infraestrutura pois importa saber como dimensionar e colocar os equipamentos de segurança de forma mais eficaz. Para o efeito, recorreu-se a um estudo de Mendes, Ricardo “*Análise Psicológica*



– *Ansiedade nos motociclistas*” [4] destacando-se em seguida os aspetos mais importantes.

Através da moto, os motociclistas, especialmente os mais jovens, podem fazer demonstrações de potência, de domínio de perigo, de desprezo pelas regras, em suma, situações que se podem revelar muito perigosas.

A condução é muitas vezes utilizada pelos jovens para se superarem a si próprios, reforçarem a autoestima e a sua imagem, lutando desta forma contra inibições e ansiedades que possam ter.

Como será a eficiência de um indivíduo ansioso na condução de um motociclo? Que tipo de condução apresentará? Terá uma condução defensiva ou pelo contrário será um motociclista com uma condução mais agressiva? À priori, ansiedade e motociclismo parecem ser duas variáveis inconciliáveis e a relação entre elas é prejudicial à condução.

Deve-se pensar então nas seguintes situações:

- Os veículos de duas rodas têm características bastantes diferentes dos veículos de quatro rodas e que, em circulação, o motociclista tem que adequar o seu comportamento em função das situações que vai encontrando e também em função das possibilidades do seu veículo;
- A utilização de duas rodas exige mais destreza e agilidade dos condutores, e que por outro lado, são veículos de pequena dimensão pelo que ficam, com facilidade encobertas pelos ângulos mortos dos restantes veículos, não sendo a sua presença detetada pelos condutores destes últimos;
- São veículos sem carroceria, sendo as consequências dos acidentes de uma forma geral mais graves.

Além disso, na estrada, qualquer condutor em geral, e os motociclistas em particular, desempenham a todo o momento quatro tarefas em cadeia, tarefas próprias à condução e indispensáveis à segurança de todos os condutores:

- a perceção, na qual se observa e explora o ambiente rodoviário;
- a previsão, através da qual prevê um acontecimento e comportamentos que podem ocorrer nos momentos imediatos;



- a decisão da ação mais correta a tomar, de acordo com a informação recolhida nas tarefas anteriores;
- a execução, da ação propriamente dita, que poderá representar a execução de uma ou mais manobras, como abrandar, acelerar, travar, ultrapassar, buzinar ou mudar de direção.

Na condução é normal um certo grau de ansiedade que, muitas vezes, é muito útil para nos estimular a agir. A ansiedade é experimentada como normal se for adequada às circunstâncias e aceite como um acontecimento que resulta naturalmente de um estímulo.

Os condutores ansiosos são frequentemente muito conscientes e prudentes, com uma perceção elevada do perigo e um autocontrolo comportamental persistente mas que, em certas situações, fruto da sua instabilidade, ou seja, vulneráveis perante níveis elevados de ansiedade, poderão envolver-se em acidentes.

Contudo a fadiga, a pressa, os fracos níveis de concentração, a perda de controlo, a fraca performance na condução agressiva, são alguns dos fatores etiológicos de sinistralidade rodoviária, decorrentes da ansiedade.

Um bom motociclista, tem atenção a inspeção do veículo, sempre preocupado com a sua segurança, vestindo equipamentos de proteção, como luvas, blusão e capacete. Está na estrada como se a mota fosse uma extensão do mesmo e trata dela como se tratasse de si. A sua condução é cuidadosa, é um condutor modelo, sempre preocupado com o risco, com os buracos, com os outros condutores e com as regras. Não se atreve a arriscar, a gozar um pouco este objeto de prazer, tem de estar sempre alerta, mas subitamente pode encontrar um obstáculo, pode ficar hesitante e instável e não ser capaz de controlar a situação. Apesar de ser um condutor experiente com muitos quilómetros percorridos, o fator psicológico parece ser o mais difícil de ultrapassar.

Por outro lado temos outros tipos de motociclistas, podemos encontrar indivíduos que o tipo de condução é fundamentalmente lazer/desportiva. São condutores que têm pouco stress, procuram aventura por serem impulsivos, tem fraca perceção do perigo, pouco prudentes, prontos para ação, com pouco controlo comportamental e com pouco respeito pelas normas sociais. Tais factos podem constituir uma explicação para a



maior propensão destes condutores para comportamentos de transgressão na estrada, assim como para um seu menor envolvimento em acidentes.

As causas que podem contribuir para a elevada sinistralidade entre os utentes de veículos de duas rodas poderá residir no elevado número de veículos, na vulnerabilidade inerente aos condutores, na ausência de formação específica, na facilidade de obtenção de licenças de condução e a frequência de comportamentos potencialmente perigosos.

2.3. Segurança para um Motociclista

Uma grande preocupação da Engenharia de Segurança Rodoviária é a de desenvolver novas soluções que evitem ou minimizem o efeito de um acidente de trânsito. É neste contexto que entram os conceitos de segurança ativa e passiva. Estas são diferentes abordagens de segurança que se complementam, a segurança ativa busca soluções para evitar o acidente em si, enquanto a segurança passiva procura minimizar consequências do acidente.

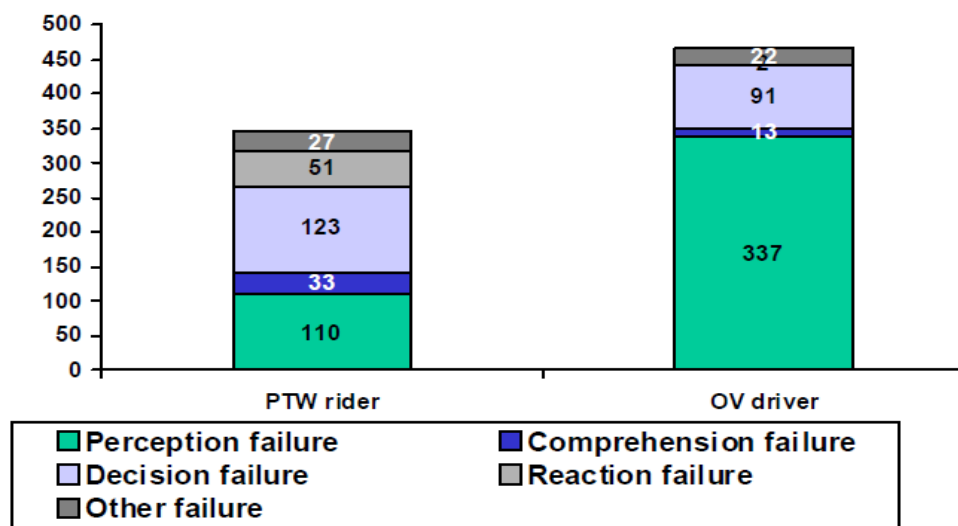
A segurança passiva dum utente de duas rodas é limitada. O uso de luvas, capacete, botas, roupa de couro e óculos, ou seja, é quase tudo o que pode ser utilizado naturalmente com a intenção de proteger um utilizador possível acidente. Este tipo de segurança é normalmente obrigatória por Lei. Outro instrumento de segurança passiva que não reside no universo do utente são as guardas de segurança, que são o principal objeto de estudo deste trabalho. Por outro lado, existe a segurança ativa, saber controlar bem o veículo, respeitar os limites de velocidade impostos e saber como agir em determinadas situações segundo o código da estrada. A segurança ativa é a mais importante, pois é nela que pode estar a diferença entre salvar uma vida ou evitar lesões demasiado gravosas para o utente.

Mas para os veículos de duas rodas a evolução da segurança passiva que tem sido experimentada ao nível dos outros veículos não tem aplicação prática. Atente-se no exemplo dos automóveis ligeiros, nos quais são incorporados diversos mecanismos de segurança e até mesmo a própria carroçaria do veículo é feita para que consiga evitar danos de maior ao condutor.

Os utilizadores de veículos de duas rodas merecem pois uma atenção especial, pois viajando a velocidades semelhantes aos veículos ligeiros não têm as mesmas características de segurança passiva, para absorver energia de colisão e para reduzir as consequências de um acidente.

Como se sabe, a maioria dos acidentes rodoviários deve-se a erros humanos. O seguinte gráfico da MAIDS2 da publicação “*In-depth investigation of accidents involving powered two wheelers*” [5] visa a estabelecer as diferenças entre os tipos de erro de um condutor de duas rodas (PTW rider) e condutores de outros veículos (OV driver).

Gráfico 2.11 – Principais Causas de Acidentes – Erro Humano. Fonte: MAIDS



Legenda:

Falha de percepção

Falha de compreensão

Falha de decisão

Falha de reação

Outra falha

Pelo gráfico, notar-se-á que a maioria dos acidentes envolvendo veículos de duas rodas se deve a falhas na decisão. Os acidentes devido a falhas de percepção também apresentam uma percentagem significativa nas principais causas de acidentes.



A FEMA [6], através do conceito da Matriz Haddon [7], selecionou os aspetos mais importantes a ter em consideração a fim de se proporcionar uma maior segurança dos motociclistas.

Fatores a ter em conta:

Quadro 2.5 – Matriz Haddon dos aspetos mais importantes para a segurança dos motociclistas

Humanos	Veículo	Ambiente Rodoviário	Sociais
<ul style="list-style-type: none">• Pesquisa das causas de acidentes• Lições de condução• Licença para conduzir• Físico / Álcool / Drogas• Uso de equipamento de proteção individual	<ul style="list-style-type: none">• Equipamento• Modificações• Manutenção / Inspeções• Sistemas Inteligentes de Transporte	<ul style="list-style-type: none">• Infraestrutura da estrada• Outros problemas do ambiente rodoviário• Manutenção da estrada• Problemas da estrada e conhecimento dos pontos negros• Gestão de tráfego	<ul style="list-style-type: none">• Consciência social• Conselhos da indústria dos fabricantes de motociclos• Revistas de motociclismo• Atitude da comunidade em relação ao transporte• Partilha de experiências• Atividades de segurança e fiscalização

Em relação a **fatores humanos** há que ter em conta a favor da segurança os seguintes pontos de vista:

- ✓ Deve haver uma melhor compreensão das causas dos acidentes para ajudar a evitar mal entendidos acerca de culpabilidade e comportamento;
- ✓ A formação de um condutor é essencial. Essa depende muito da qualidade do formador, que deve ser alguém com reconhecimento na área;
- ✓ Condutores experientes têm menos probabilidade de embater com veículos de quatro rodas;
- ✓ Técnicas anti-colisão devem ser os princípios básicos da formação de motociclistas;
- ✓ Cansaço físico, álcool e drogas, podem levar os motociclistas a comportamentos de risco na estrada e a causar acidentes;



- ✓ Apesar de serem na sua maioria muitos incomodativos, os equipamentos de proteção individual, são muito importantes para a segurança dos condutores;

Do veículo, há que ter em conta:

- ✓ O equipamento das motas tem vindo a evoluir significativamente de uns anos a esta parte, tornando-se cada vez melhor;
- ✓ Aquando de uma colisão, os motociclistas são separados do seu veículo, nesse caso é sempre necessário que haja a utilização de vestuário correto dos motociclistas, pois as proteções incorporadas na moto não irão servir de nada;
- ✓ Estudos demonstram que os acidentes de motociclos se devem muito pouco a falhas mecânicas, pelo que os motociclistas nesse ponto são bastante conscientes;
- ✓ Os Sistemas Inteligentes de Transportes podem ter o potencial para melhorar significativamente a segurança rodoviária.

Do ambiente rodoviário deve-se ter em conta:

- ✓ É importante para os motociclistas apenas se preocuparem como conduzir com segurança e não com a qualidade do pavimento ou outras condicionantes da via;
- ✓ Hoje em dia as necessidades dos motociclistas ainda são muito descuidadas pelos engenheiros de segurança rodoviária em relação aos veículos de quatro rodas;
- ✓ Um motociclista necessita, para que a sua condução seja segura, de uma boa aderência, informações claras, boa visibilidade e risco mínimo de impacto contra obstáculos;
- ✓ Sistemas de retenção rodoviária, foram projetados e testados para proteger todas as categorias de veículos motorizados, à exceção dos motociclos (norma EN 1317);
- ✓ Pontos negros para os motociclistas são reconhecidos, mas muitas vezes estes não são assinalados, pois não representam perigo para os outros utentes da estrada;
- ✓ A telemática deve ser posta também ao serviço dos motociclistas de modo a melhorar a informação fornecida a estes, já que por exemplo, muitos deles não podem ouvir os serviços informativos das rádios;



Em relação a fatores sociais:

- ✓ A maneira mais eficaz para reduzir as mortes e ferimentos resultantes de colisões entre viaturas ligeiras e motociclos é enfatizar estratégias anti colisão entre o condutor e o motociclista;
- ✓ Aumento da consciencialização e de campanhas de sensibilização aos condutores, para evitar acidentes;
- ✓ Fabricantes e oficinas têm o dever e o cuidado para garantir que os produtos que vendem não incentivam a assunção excessiva de riscos, especialmente por motociclistas inexperientes;
- ✓ Algumas revistas de motociclismo podem passar mensagens irresponsáveis, com o incentivo a maus hábitos e fornecerem mensagens contraditórias para jovens motociclistas;
- ✓ Seguros a preços acessíveis com base em fatores de risco reais, poderiam ser uma ferramenta útil para melhorar a segurança dos motociclistas, com prémios que reflitam os esforços destes para melhorar o seu comportamento na estrada;
- ✓ Incentivos fiscais, como taxa reduzida de IVA ou dedutibilidade fiscal para equipamentos de proteção e outros aspetos de segurança, poderiam facilmente levar os motociclistas a darem uma maior importância à segurança rodoviária;

De seguida ir-se-á fazer uma descrição dos equipamentos de segurança para os motociclistas, mais concretamente, o objeto de estudo desta dissertação que são as guardas de segurança.



3. Guardas de Segurança

Os acidentes envolvendo veículos de duas rodas e as guardas de segurança têm sido matéria de ponderação no domínio da segurança rodoviária.

Pesquisas apontam que um embate entre um motociclista e uma guarda de segurança significa 8 a 16% das mortes totais destes nas estradas” (Brailly, 1998; Domhan, 1987) e que, “um motociclista ao embater com este sistema de retenção tem 15 vezes mais probabilidade de falecer que um condutor de um carro” (Williams, 2004). Ainda há a acrescentar que “no embate com um objeto rígido deste equipamento, pode tornar as lesões 5 vezes mais gravosas para o motociclista” (Ellmers, 1997; Brailly, 1998).

Uma guarda de segurança é um dispositivo de proteção, contínuo, deformável, com forma, resistência e dimensões capazes de absorção cinética e redireccionamento de veículos em despiste. Uma guarda de segurança é uma barreira lateral projetada para transformar um grande acidente num pequeno impacto controlado, absorvendo a energia do mesmo.

No início da utilização deste sistema de proteção, segundo a publicação “*Estudos relativos ao equipamento de segurança da estrada – 2º relatório*” [8], este apenas foi idealizado e pensado exclusivamente para os veículos com carroceria de quatro ou mais rodas, sendo eficaz para suportar o impacto direto ou indireto sob determinadas velocidades, com o objetivo principal de tornar as estradas mais seguras, sobretudo pela gravidade dos acidentes.

Estas guardas foram concebidas e montadas de forma a:

- Impedir que os veículos atravessem separadores (guardas centrais);
- Afastar os veículos de áreas perigosas junto à estrada (guardas laterais);
- Redirigir os veículos numa direção paralela à do fluxo de tráfego;
- Minimizar o risco para os ocupantes do veículo durante o impacto;

Do ponto de vista técnico, as guardas foram idealizadas como um elemento necessário para a segurança passiva das estradas, ajudando a prevenir o risco de queda numa barreira ou mesmo a invasão da via contrária, no caso de se perder o controlo do veículo. Contudo, para os veículos de duas rodas o problema está no facto de não terem

carroceria, sendo um embate com as guardas é, com elevado grau de probabilidade, inevitável e por consequência, frequente que haja lesões graves ou até mortais. O desempenho destas em caso de choque depende em muito do local de instalação, das condições do solo, considerações ambientais e o seu próprio ciclo de vida (podem já estar defeituosas).

Para a escolha do local onde se deverá implantar as guardas de segurança tem de ser tidas em conta não só a segurança que esta vai proporcionar, como também fatores económicos, técnicos e estéticos.

O processo de instalação das guardas segue a seguinte linha:

Figura 3.1 – Esquema da instalação duma guarda de segurança



A necessidade da instalação de guardas de segurança deve-se às seguintes características:

1. Velocidade média e volume do tráfego;
2. Largura do separador central;
3. Altura e inclinação de taludes;
4. Largura e tipo de berma;
5. Existência de obstáculos fixos.



O quadro seguinte, do InIR [9], mostra quais os critérios de colocação de guardas de segurança em vários países Europeus.

Quadro 3.1 - Critérios de necessidade colocação de dispositivos de retenção em alguns países europeus.

País	Veloc.	Anál. Econ.	Tráfego		Caract. da estrada	Caract. da envolvente	Taludes	Obst. na AAFR	Condições climáticas
			Total	Pes.					
Alemanha	•		•	•	•	•	•	•	
Espanha	•		•	• ^(a)		•	•	•	
França	•		•	•	•		•	•	
Holanda	•				•	•	•	•	
Irlanda	•		•	•	•	•	•	•	
Itália	•		•	•	•	•	•	•	
Noruega	•		•	•		•	•	•	
Portugal ^(b)			•		•	•	•	•	•
Reino Unido	•	•	•	•	•	•	•	•	
Suécia	•		•		•	•	•	•	

a) Aplicável apenas a barreiras metálicas

b) De acordo com a Norma de Traçado de 1994

A escolha do sistema deve cumprir os seguintes requisitos:

1 – Evitar, que um veículo, ao atingir a guarda, capote, passe através, por baixo ou sobre ela, para o que a estrutura deve ser suficientemente rígida de modo a repelir o veículo, e o centro de gravidade deste situar-se abaixo do ponto de colisão com a guarda.

2 – Reduzir ao mínimo os danos nos ocupantes, veículo e própria guarda, para o que esta deve suscitar as mais pequenas possíveis desacelerações quer longitudinais quer transversais.

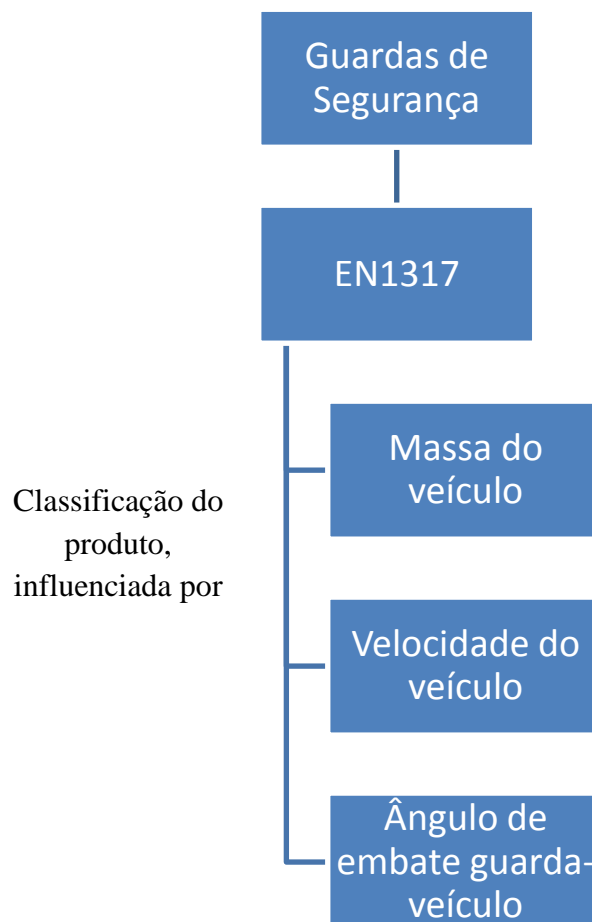
É importante que as guardas não tenham protuberâncias, dispositivos acoplados (delineadores e refletores) salientes para o lado do trânsito, que as suas superfícies (face lateral e face superior) sejam as mais lisas possíveis e não devem ser utilizadas barreiras



constituídas por cabos ou cordas, as quais podem mutilar seriamente um ser humano (retirado do livro “2º congresso rodoviário português - As vias de Segurança – Volume I” [10]).

Em vários países, os Institutos Rodoviários têm dado atenção a estes problemas das guardas de segurança, em especial à questão dos prumos, que será objeto de análise posterior.

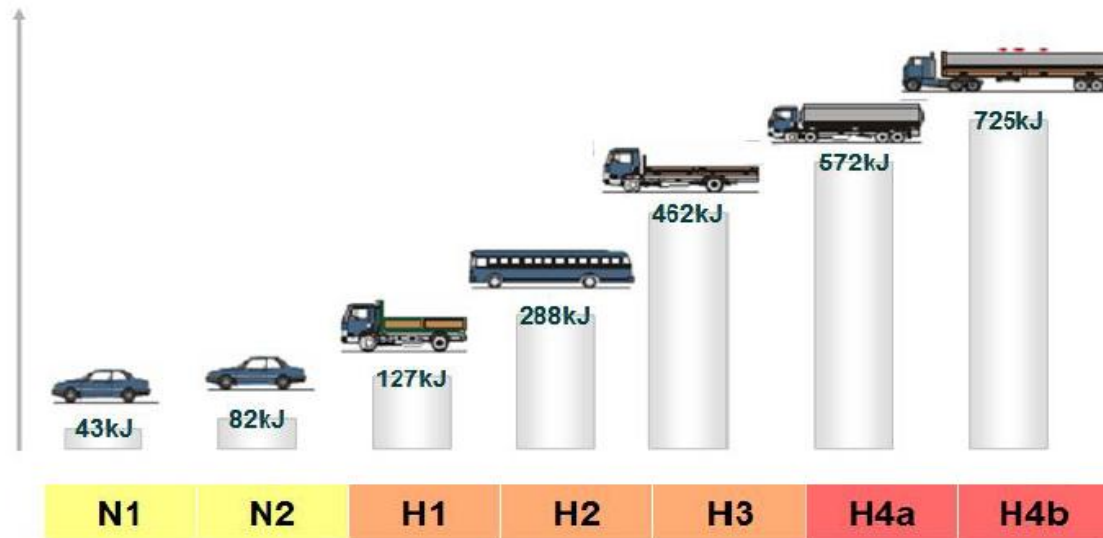
A norma europeia que padroniza as guardas de segurança é a EN 1317, e o seu conteúdo pode ser explicado da seguinte forma:



Esta norma tem como objetivo identificar que sistema de retenção deve ter uma estrada de acordo com o tipo de veículo que esta deve ser capaz de conter, incluindo critérios para a severidade do impacto e os níveis de deformação. Estes indicadores de desempenho são então utilizados pelas autoridades rodoviárias para selecionar o sistema a utilizar em diferentes tipos de estrada de acordo com a localização, disposição geométrica, e a existência ou não de mobiliário estrada adjacente à faixa de rodagem.

As classes de contenção das guardas, segundo a norma são as seguintes:

Figura 3.2 – Classes de contenção das guardas de segurança segundo a EN 1317



Quadro 3.2 – Massa e Velocidade de impacto que a guarda deve conter por classe

N2 (carro grande)	m= 1500 kg v= 110 km/h
H1 (carrinha de caixa aberta)	m= 10000kg v= 70 km/h
H2 (autocarro)	m= 13000 kg v= 70 km/h
H3 (camião de reboque)	m= 16000 kg v= 80 km/h
H4 (camião articulado)	m= 38000 kg v= 65 km/h

Legenda:

N1 e N2 – nível normal de contenção

H1, H2, H3 – nível alto de contenção

H4(a e b) – nível muito alto de contenção

3.1. Tipos de Guardas de Segurança

Segundo a FEMA (*The Federation of European Motorcyclists' Associations*) existem quatro tipos (principais) de guardas de segurança na Europa, estas têm características diferentes, sendo que todos com a mesma finalidade, que já foi acima descrita.

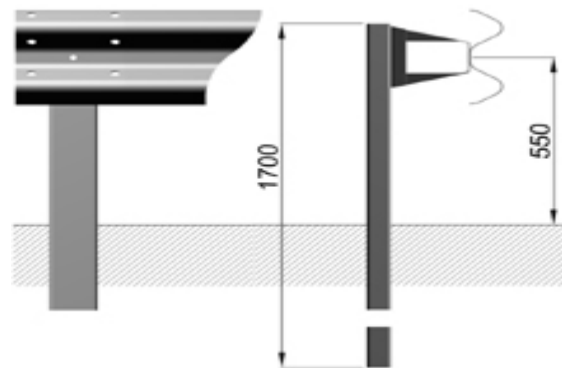
Barreira Metálica Simples

Figura 3.3 – Barreira Metálica Simples



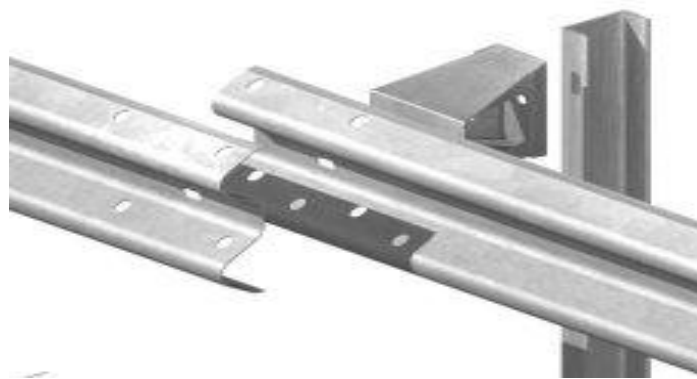
Consiste numa viga metálica horizontal e uma série de suportes constituídos por prumos e amortecedores. A banda é constituída por vigas metálicas de dupla onda com comprimento de 4,3 m e 0,31 m de altura.

Figura 3.4 – Perfil Longitudinal e Perfil Transversal de uma Barreira Metálica Simples



A viga (perfil W) é fixada ao amortecedor, que por sua vez se encontra fixado ao prumo, mantendo uma distância vertical do seu eixo à via de 0,55 m. As uniões terão que ser coincidentes com o posicionamento dos prumos, e são asseguradas através da sobreposição das vigas em 0,3 m.

Figura 3.5 – União entre duas vigas metálicas



O prumo consiste num perfil metálico (C125 ou UPN120) com funções de suporte do sistema e absorção de energia em caso de impacto.

O amortecedor é o elemento utilizado para absorver grande parte da energia do impacto, funcionando também como fusível para o caso de deformações elevadas, promovendo o rompimento da ligação deste ao prumo.

Barreira simples de madeira

Figura 3.6 – Barreira simples de madeira



Este tipo de solução tem similitudes com a anterior só que ao invés duma viga metálica e prumo metálico, tem barrotes de madeira. Não é uma solução muito vista no nosso país e quando utilizada só em estradas de menor importância e com uma flora envolvente com relevância ambiental e paisagística (por exemplo nos Açores).

Barreira com cabos

Figura 3.7 – Utilização de barreiras de cabos de aço em separador central



Estes tipos de barreiras são constituídos por cabos de aço montado em postes de fraca resistência.

Estas barreiras têm custo relativamente reduzido, são fáceis de instalar e muito eficazes na retenção dos veículos, está cada vez mais a ser usada esta solução um pouco por todo o mundo. A utilização mais frequente deste tipo de barreiras é em separador central.

Figura 3.8 - Barreira de Cabos em separador central numa estrada da Suécia





Este sistema é mais eficaz que a solução rígida (barreiras New Jersey) e barreiras metálicas simples quando utilizadas em terrenos com declive acentuado. São normalmente pré-tencionadas e ocupam um reduzido espaço na separação de sentidos. A flexibilidade do sistema absorve a energia de impacto e dissipa-la lateralmente, o que reduz as forças transmitidas aos ocupantes dos veículos que embatam nela.

Estas barreiras têm sido usadas desde os anos 60 do séc. XX, mas só nos anos 90 do mesmo século alguns departamentos de transporte começaram a implementar o sistema com mais regularidade. Em muitos países da União Europeia, não está autorizado este tipo de guarda de segurança porque são muito perigosas para os motociclistas, podendo provocar lesões muito graves.

Há também a destacar o facto de estes sistemas serem muito utilizados em países nórdicos, que como já foi dito anteriormente, são modelos a seguir em termos de Segurança Rodoviária. Ora se estas guardas podem ser tão prejudiciais aos motociclistas, porque estes países as utilizam?

Barreira de Betão (New Jersey)

Figura 3.9 – Barreira de Betão New Jersey em separador central, na Ponte Vasco da Gama

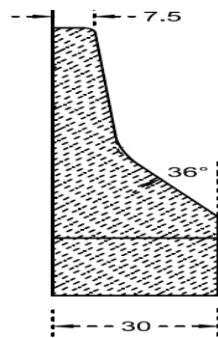


Concebida e utilizada nos EUA e já consagrada também na Europa, de comprovada eficácia, quer quanto à redução de acidentes e das suas consequências corporais e materiais, quer no tocante à rentabilidade do investimento rodoviário, tendo em conta os custos sociais dos acidentes. Estas barreiras são aplicadas essencialmente com a finalidade de conferir aos utentes da rodovia as melhores condições de circulação possíveis e impedir o despiste dos veículos. Deste modo, devem ser ajustadas e nos

limites do possível, absorver energia cinética do veículo sem causar desacelerações incompatíveis com a integridade dos passageiros.

Esta barreira é feita única e exclusivamente de betão armado e tem a tipologia representada na figura 3.10.

Figura 3.10 – Tipologia de uma barreira New Jersey assimétrica em perfil transversal. Fonte: InIR



Como se pode verificar, a altura do espelho não pode ultrapassar os 15 cm e ser sempre superior a 7 cm, a base deverá ter cerca de 60 cm e a altura da barreira deverá ser de 1,07 m.

3.2. Dispositivo de Proteção para Motociclistas (DPM)

Não é possível referimo-nos a este tema sem haver uma referência ao **DL 33/2004 de 28 de Julho** que é mais conhecido pela “Lei dos Rails” e também ao **DR 3/2005 de 10 de Maio**.

Estes diplomas tornaram Portugal no País exemplo a nível Europeu no domínio da Prevenção Rodoviária dirigida aos veículos de duas rodas, relativamente á colocação de guardas de segurança nas vias, integradas ou não na rede rodoviária nacional. Esta foi uma grande luta que milhares de motociclistas travaram para ver a sua vida mais salvaguardada. Depois de contestação e manifestações, destinadas a chamar a atenção para o flagelo das barreiras de proteção metálicas finalmente conseguiram os seus intentos.

O **DL 33/2004 de 28 de Julho**, torna obrigatória a utilização de DPM nas barreiras de segurança existentes no designados pontos negros e em outros pontos de maior risco das ias publicas, integradas o não na Rede Rodoviária Nacional. Nos termos



do documento é importante referir que os DPM deve ser colocados em todas as guardas de segurança das vias ainda a construir. No **DR 3/2005 de 10 de Maio**, são explicitados os restantes locais a instalar os DPM.

As guardas de segurança são atualmente concebidas de acordo com o teste europeu padrão, descrito na EN 1317, com o objetivo de proteger todos os utentes da estrada, incluindo disposições específicas para carros e veículos pesados, só que nessa norma ainda existe uma grande lacuna, nenhuma menção é feita a veículos de duas rodas.

Neste momento, trava-se mais uma grande luta na União Europeia, a nível de segurança para os motociclistas, para que todos os países membros tenham as mesmas condições de segurança. Apenas neste ano, as guardas de segurança estão à beira de ser padronizadas em toda a Europa. Segundo o artigo [11] da FEMA, este organismo juntamente com o CEN (Comité Europeu para a Normalização), adotaram uma especificação técnica para “sistemas que reduzam a severidade do impacto dos motociclistas com as barreiras de segurança”. A FEMA desde 2000 que pressiona o CEN de forma a incluir os motociclistas na norma EN 1317 e que seria a parte 8 dessa norma, ou seja, EN 1317-8 - “sistemas que reduzam a severidade do impacto de motociclistas com as barreiras de segurança”, que iria destinar-se aos ensaios para motociclistas e sistemas de proteção a serem adicionados às barreiras convencionais.

O padrão 8 da norma europeia terá como objetivo ser aplicado a qualquer sistema de proteção que se encaixará em qualquer barreira ou obstáculo e que deverá ser indulgente aos impactos dos motociclistas.

O âmbito da norma é permitir o teste de configuração de acidente com o piloto deslizando ao longo da superfície da estrada após a queda num veículo de duas rodas.

Este não considera ações de rolamento ou que o motociclista ainda vai montado na mota aquando do impacto na barreira.

Uma vez que esta é uma especificação técnica, ainda não está padronizada, devido divergências entre a FEMA e a CEN, esta não têm grande impacto sobre as autoridades rodoviárias nacionais dos 27 países quem englobam o CEN, pois não é de uso obrigatório, portanto cada país através das suas autoridades rodoviárias, é responsável pelo tipo de guarda de segurança a instalar nas suas vias, ou seja, instalará



aquela que acha mais adequada à via em questão com ou sem auxílio de testes padronizados.

Existe uma crença generalizada entre os motociclistas que esta norma irá ser aprovada brevemente após as divergências entre a FEMA e o CEN serem ultrapassadas, e esta especificação será transformada no oitavo padrão da norma EN 1317, e, assim todos os países membros serão obrigados a usar o mesmo tipo de guarda de segurança, que por sua vez é um sistema já utilizado em Espanha e com resultados bastante positivos.

Em toda a Europa, os motociclistas estão dependentes do bom senso dos poderes locais, regionais e das suas autoridades rodoviárias para adaptar os sistemas existentes para sua proteção, sem o apoio e a informação de que necessitam para fazer os necessários julgamentos de engenharia.

Na ausência de um padrão europeu, casos como os laboratórios de segurança rodoviária de Espanha (CIDAUT), França (LIER) e Itália (AISCIO) têm vindo a desenvolver os seus próprios dispositivos de segurança, levando à adoção nacional e orientações sobre a conceção e implementação de projetos “amigos dos motociclistas”.

3.3. Diretrizes a tomar pelos Engenheiros Rodoviários

A pedido da FEMA, em 2001, o Parlamento Europeu adotou uma resolução sobre as "Prioridades da UE para a segurança rodoviária" afirmando que as "guardas de segurança devem atender aos requisitos específicos de segurança dos motociclistas" (FEMA, 2005). Na ausência de uma norma europeia para dispositivos de proteção das guardas de segurança, organizações, incluindo a Federação das FEMA, a *Association des Constructeurs Européens de Motocycles* (ACEM), *Institute of Highway Engineers* do Reino Unido (IHE) e a *Norwegian Motorcycle Union* (NMCU) foram as primeiras associações a se preocuparem por um ambiente rodoviário mais seguro, listando as melhores práticas e inovação em projeto na Europa.

São vários os exemplos de decisões tomadas em diversos países acerca da segurança rodoviária para motociclistas:

- O Manual de Conceção de Estradas e Pontes (TD19/06) [12], que contém as normas rodoviárias de projeto para as autoridades rodoviárias de todo o Reino Unido, foi revisto para incluir uma disposição para atender as



necessidades dos motociclistas e recomenda a adição de proteção para motociclistas em barreiras metálicas simples para minimizar o risco de lesão. Isto reconhece a necessidade de atenção, sem conhecer os critérios de projeto a seguir, a disposição deixa o processo de tomada de decisão para o engenheiro de segurança rodoviária, pois este não tem os detalhes específicos necessários para fazer uma escolha informada;

- Na Holanda usam uma abordagem de árvore de decisão para guiá-los através do processo de seleção enquanto Engenheiros na estrada;
- Na Suécia desenvolveu-se uma estratégia nacional para identificar as estradas de alto risco e planos para rever as diretrizes de projeto técnicos da estrada para levar os motociclistas em conta. Moto-Clubes suecos ajudaram as autoridades rodoviárias para avaliar os recursos necessários em novas construções. Diretrizes semelhantes já estão em operação na França, Alemanha, Itália, Holanda, Portugal, Espanha e Suíça, embora as próprias políticas possam variar.

Embora estas iniciativas sejam de louvar, deveria haver, como já foi dito anteriormente, diretrizes à escala europeia.

3.4. Tipo de Dispositivos de Proteção para Motociclistas (DPM)

Saia metálica mecânica

Foi decidido adotar um sistema de proteção aos prumos das guardas denominado por “saia metálica mecânica”, que consiste num revestimento metálico sobre a calha aproveitando a união desta com o amortecedor, sendo fixada à barreira por um braço, a instalar nos locais com risco de despiste ou outro tipo de acidentes que envolva duas rodas.

Segundo o DR **3/2005 de 10 de Maio** além de serem colocadas nos pontos negros, estes DPM devem também ser colocados nos seguintes locais:

- Guardas de Segurança de vias rodoviárias nos casos de existência de obstáculos fixos e rígidos a menos de 2 metros do limite da faixa de rodagem e que se revele susceptível de provocar danos maiores do que no embate com uma guarda de segurança;

- Em alinhamento curvo, estes DPM devem apenas ser colocados no extradorso. Neste caso tem início a meio da curva de transição que antecede a curva circular ou a 50 metros a montante do início da curva circular;
- Foi estabelecido que a saia metálica deve ser colocada, quando em curva, desde início até 50 m após o seu final, ficou ainda definido que todos os estudos e projetos devem contemplar a aplicação da saia metálica, o mesmo sucedendo a todas as obras de construção e conservação, inclusive para estradas concessionadas e a concessionar.

Figura 3.11 - Sistema de Saia metálica, numa estrada em França



O sistema da saia metálica contínua consiste numa viga de secção plano-trapezoidal (de 34 a 47 cm de altura), em chapa de aço de características idênticas à viga superior da guarda de segurança, mas com apenas 2mm de espessura, a interpor aquela viga e o solo. A saia é constituída por elementos de comprimento idêntico ao da viga superior, aparafusados entre si, ficando suspensos dos amortecedores por meio de barras de formato adequado. O rebordo horizontal inferior da saia deve situar-se a altura não superior a 0,05 m do solo. As extremidades das saias a montante devem ser recuadas.

Figura 3.12- Perfil Longitudinal duma guarda protegida com saia metálica



Figura 3.13 – Terminal da Saia Metálica



Proteção com Pneus

Esta foi a primeira forma de proteção dos prumos nas estradas em Portugal através do uso de três pneus usados por cada prumo, formando um sistema não homogéneo, desconexo que ao sofrer embate, funciona de forma desarticulada. Este tipo de segurança acabou assim por não vingar também devido ao mau aspeto estético e a possíveis questões ambientais.

Figura 3.14- Proteção dos Prumos das guardas de segurança de barreira metálica simples com pneus usados



Proteção com materiais plásticos

Estes DPM podem ser fabricados de diferentes materiais, tais como: poliestireno expandido (esferovite), polietileno reticulado, polipropileno ou poliuretano. Esses DPM's têm forma cilíndrica e abraçam por encaixe rápido dos prumos.

Os DPM de polietileno reticulado parecem ser a melhor solução pois alegadamente absorvem menos água, minorando o envelhecimento e permitindo maior elasticidade e durabilidade que os restantes tipos.

Quando da sua utilização experimental em Portugal, após a aplicação de 12000 dos DPM's adquiridos, verificou-se que muitos deles foram objetos de atos de vandalismo, especialmente aqueles aplicados em zonas com peões, devido à fragilidade deste tipo de material e, em alguns casos, pela ineficácia do sistema de fixação ou, até, por má montagem. Quanto à resposta em situações de acidentes com duas rodas, não foi possível uma avaliação concreta, já que as Direções de Estradas não tiveram conhecimento de colisões contra prumos protegidos.

Figura 3.15 - Proteção dos prumos de barreiras metálicas simples com Poliestireno Expandido



Tubo Duplo Contínuo ou MotoTub

O sistema constituído por um tubo duplo continua em polietileno (plástico), é de conceção francesa (elaborado pela empresa SIDEREL), sendo comercializado também em Portugal. Esses sistemas juntamente com o sistema de saias metálicas são considerados os mais eficazes em caso de acidentes de motociclistas.

Figura 3.16 – Proteção com tubo plástico duplo





3.5. Conceções Inovadoras para Segurança Rodoviária

O Smart RRS [13], é um sistema inovador para garantir maior segurança aos utentes mais vulneráveis da via aquando o embate com guardas de segurança. Este projeto irá desenvolver um sistema de retenção novo e inteligente que contribuirá para reduzir o número de mortos e feridos causados em acidentes de viação, integrando sensores (primário e terciário) nas guardas, para casos de emergência após um acidente.

Este sistema de segurança inteligente deverá:

- Reduzir o número de acidentes através de uma melhor informação sobre o estado real e fluxo do tráfego rodoviário (condições climáticas, obstruções de via);
- Eliminar perfis perigosos de sistemas rodoviários de contenção que põem em perigo os utentes vulneráveis;
- Otimizar a segurança rodoviária, fornecendo a informação exata de onde e quando os acidentes acontecem em tempo real.

Diferentes sensores são instalados na guarda de segurança, capazes de detetar acidentes e os serviços de emergência são chamadas logo após esse acontecimento. Os sensores também podem ser conectados a painéis de mensagem variável para avisar os utentes sobre o risco de aquaplanagem, sobre a presença de gelo ou quaisquer objetos que podem estar a bloquear a estrada.

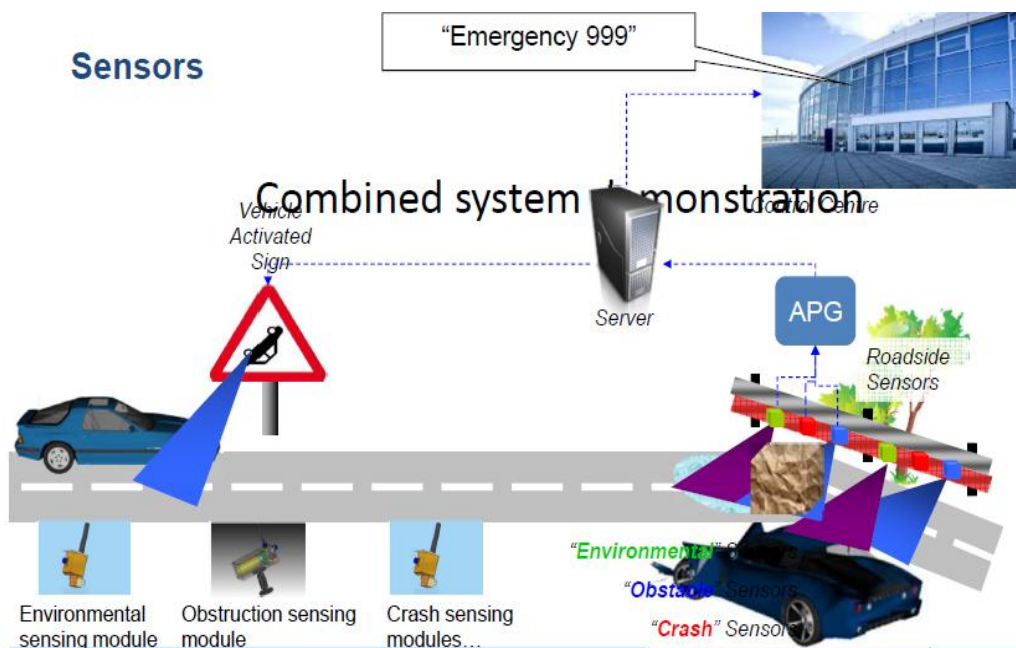
Funções dos sensores

- Sistema de Segurança Primário
 - Prevenir em primeiro lugar que ocorra um acidente;
 - Detetar perigos que possam causar um acidente;
 - Avisar atempadamente, via mensagem eletrónica, que existe perigo.
- Sistema de Segurança Terciário
 - Projetado para mitigar os efeitos da colisão após esta ter acontecido;
 - Detetar automaticamente impactos com as guardas de segurança;
 - Notifica automaticamente as forças de segurança que ocorreu um acidente em determinado local.

Este sistema tem de ter as seguintes características para serem instalados nas guardas de segurança:

- Custos otimizado, quer em termos de materiais, instalação e de funcionamento;
- Não oferecer riscos adicionais aos motociclistas em caso de choque com o sistema de contenção;
- Não degradar o ambiente;
- Não se degradar facilmente e em caso de avaria de um sensor, o sistema não deixa de funcionar;
- Não dar falsas emergências às entidades que promovem o bem-estar público;
- Cada nó sensor deve ter a sua localização especificada;
- Capaz de ser integrado com a infraestrutura rodoviária e outros sistemas de gestão de tráfego.

Figura 3.17 – Atuação do sistema Smart RRS





4. Custo-benefício para as guardas de segurança

Quanto ao custo-benefício das guardas de segurança, os investigadores de segurança rodoviária, como é exemplo do TRL (*Transport Research Laboratory*) [14] consideram os seguintes aspetos para a determinação de custos:

- Tipo de guarda de segurança a ser instalada;
- Manutenção;
- Reparação após impacto;
- Custos de remoção da guarda de segurança;
- Custo do acidente;
- Gestão do tráfego;
- Atrasos causados no tráfego (custo do tempo).

Em relação aos benefícios, sabe-se que os sistemas de retenção rodoviários são uma componente essencial de uma infraestrutura rodoviária moderna e constituem um dos mais importantes equipamentos salva-vidas disponíveis para as autoridades públicas e operadores rodoviários. Este tipo de sistemas poderão reduzir significativamente o custo do acidente de acordo com o seu nível de confinamento, as guardas de segurança serão testadas tanto para um carro de pequenas dimensões ou um carro grande família, veículos pesados também e, por fim, tem a possibilidade de equipá-lo com dispositivos de proteção para motociclistas para que assim, todos os utentes da estrada estejam mais seguros com este tipo de sistema, pois como já foi descrito anteriormente a classe dos utentes de duas rodas é aquela que correr maiores riscos no impacto com este tipo de sistemas de retenção.

Para avaliar o custo-benefício destes equipamentos, é necessário conhecer as vantagens e desvantagens de cada tipo de equipamento mais comum existente, assim como o seu custo. É também necessário saber quantificar os custos envolvidos num acidente rodoviário. Essa abordagem vai ser descrita de seguida.



4.1. Análise das guardas de segurança consoante as suas características e o seu custo

Neste subcapítulo irão ser descritas as vantagens e desvantagens de todos os dispositivos de segurança para motociclistas descritos anteriormente no capítulo 3.

Vão ser tidos em conta os custos unitários de cada uma das proteções mencionadas, sendo que esses custos foram muito difíceis de obter nas empresas nacionais especializadas na área.

Saia Metálica

Vantagens:

- Durabilidade e rentabilidade elevadas;
- Fácil montagem;
- Adapta-se com facilidade;
- O seu sistema semi-rígido absorve grande parte da força dos impactos, o que oferece uma maior segurança para os ocupantes que os sistemas rígidos (New Jersey);
- Proteção dos passageiros e de peões caso instalada em zonas urbanas;
- Maior conforto (ausência do efeito de parede);
- Baixo custo de instalação e manutenção;
- Permite a proteção eficaz de variados elementos da via (pórticos, viadutos e sinalização);
- Fácil concordância com a geometria da via;
- Permite a instalação de outros dispositivos de segurança (delineadores, balizadores, marcas de perigo e dispositivos de anti-encademento).
- O corpo de um condutor e/ou passageiro de um veículo de duas rodas, em caso de acidente, já não corre o risco de embater no prumo metálico ou passar por debaixo da parte inferior da barreira metálica, podendo assim evitar consequências ainda mais gravosas do acidente.
- Podem ser instaladas em barreiras metálicas já existentes, sem ter que se proceder à substituição total para um novo sistema.



Desvantagens:

- Geralmente ficam danificadas em todos os impactos, o que faz com que haja custos suplementares de reparação e devido a essa reparação pode criar dificuldades à circulação do tráfego;
- Demasiada deflexão nos veículos;
- Torna-se um equipamento mais caro com a incorporação da saia metálica numa barreira metálica já existente;
- Permite diminuir as lesões e a gravidade das lesões aos motociclistas, mas não garante a eficácia em todos os embates;

Custo:

O custo por metro linear destas estruturas, segundo o livro “2º congresso rodoviário português - As vias de Segurança – Volume I” [10] poderão variar entre 20,10€/ml para barras metálicas simples já existentes e de 14,30€/ml ou 15,88€/ml no caso de aplicação de guardas a instalar para afastamento entre prumos de 4 ou 2 metros respetivamente. Estes preços já se encontram desatualizados. Em Portugal, uma empresa [15] que comercializa este tipo de guardas de segurança para motociclistas a um preço de 47€/ml + IVA.

Proteção com Pneus

Vantagens:

- Durabilidade e rentabilidade elevadas;
- Fácil montagem;
- Adapta-se com facilidade;
- O seu sistema semi-rígido absorve grande parte da força dos impactos, o que oferece uma maior segurança para os ocupantes que os sistemas rígidos (New Jersey);
- Proteção dos passageiros e de peões caso instalada em zonas urbanas;
- Maior conforto (ausência do efeito de parede);
- Baixo custo de instalação e manutenção;



- Permite a proteção eficaz de variados elementos da via (pórticos, viadutos e sinalização);
- Fácil concordância com a geometria da via;
- Permite a instalação de outros dispositivos de segurança (delineadores, balizadores, marcas de perigo e dispositivos de anti-encademento).
- Proteção dos prumos metálicos, tendo como finalidade evitar lesões mais gravosas;
- Com a utilização de pneus usados, dá-se uso aos mesmos, pois o processo de reciclagem dos mesmos é muito caro;
- Grande capacidade de amortecimento e absorção do impacto;
- Excelente dissipador de energia;
- Sistema de fixação sem parafusos à vista;
- Possibilidade de incorporar marcas refletoras.

Desvantagens:

- Não evitam a possível passagem de um condutor e/ou passageiro, por debaixo da barreira metálica, logo não tem a mesma eficácia de retenção que a saia metálica;
- Esteticamente desagradáveis;
- Podem-se degradar facilmente;
- A sua substituição devido a essa degradação pode ser bastante frequente;

Custo:

Os pneus usados têm um custo unitário muito baixo ou quase nulo, pois muitos deles já se encontram inutilizados para o seu propósito. Num prumo têm de ser colocados pelo menos 2 a 3 pneus.



Proteção com materiais plásticos

Vantagens:

- Durabilidade e rentabilidade elevadas;
- Fácil montagem;
- Adapta-se com facilidade;
- O seu sistema semi-rígido absorve grande parte da força dos impactos, o que oferece uma maior segurança para os ocupantes que os sistemas rígidos (New Jersey);
- Proteção dos passageiros e de peões caso instalada em zonas urbanas;
- Maior conforto (ausência do efeito de parede);
- Baixo custo de instalação e manutenção;
- Permite a proteção eficaz de variados elementos da via (pórticos, viadutos e sinalização);
- Fácil concordância com a geometria da via;
- Permite a instalação de outros dispositivos de segurança (delineadores, balizadores, marcas de perigo e dispositivos de anti-encademento).
- Proteção dos prumos metálicos, tendo como finalidade evitar lesões mais graves;
- Se o envelhecimento dos materiais for longo, estes ficaram com maior elasticidade e durabilidade;
- Facilidade de instalação;
- Muito leves e com boa capacidade de absorção de impactos.

Desvantagens:

- Não evitam a possível passagem de um condutor e/ou passageiro, por debaixo da barreira metálica, logo não tem a mesma eficácia de retenção que a saia metálica;
- Mesmo sendo duráveis, com o tempo o material começa-se a desfazer e deixa de servir aos intentos;
- Fáceis de destruir/vandalizar por elementos exteriores à via.



Custo:

O custo por unidade destas estruturas [10] poderão variar entre os 14€/un para DPM's em poliestireno expandido, 23,70€/un para DPM's de polietileno reticulado. Estes preços já se encontram desatualizados. Este tipo de proteções são muito pouco usadas, sendo que a empresa [15], tem no seu catálogo este tipo de produto, no entanto, não referiu preços sobre o mesmo, o que leva a querer que já não comercializa este tipo de dispositivo de segurança, dado não se conseguir monitorizar a sua aplicabilidade, segundo o que foi referido no 2º congresso rodoviário português.

MotoTub

Vantagens:

- O corpo de um condutor e/ou passageiro de veículo de duas rodas, não passam por debaixo da guarda de proteção;
- Menor rigidez de impacto que uma saia metálica, o que leva a consequências menos gravosas para os ocupantes do veículo;
- Sistema flexível e elástico para amparar um motociclista na queda;
- Composto na sua maioria por plástico reciclado, é amigo do ambiente.

Desvantagens:

- Permite diminuir as lesões e a gravidade das lesões aos motociclistas, mas não garante a eficácia em todos os embates;
- Precisa de manutenção ou substituição aquando um embate, principalmente se este embate for feito por um veículo pesado;
- É um dispositivo mais oneroso que a saia metálica mecânica.

Custo:

O custo por metro linear destas estruturas [10] será cerca de 32,50€/ml.



4.2. Custo dos acidentes rodoviários

Os acidentes rodoviários, ao produzirem elevados danos materiais e corporais, acarretam custos significativos à comunidade.

Esta é uma grande preocupação para os responsáveis governamentais, pois estes têm que ter como competências um conhecimento exato dos valores despendidos, a fim de mais adequadamente determinarem e implementarem estratégias de atuação, que visam diminuir os acidentes, e em consequência, as despesas geradas por estes.

Os custos dos acidentes rodoviários podem ser classificados em duas categorias de acordo com o Centro de Formação Profissional da Reparação Automóvel [16]:

- **Custos subjetivos (de ordem moral e psicológica)**, tais como o sofrimento físico e psíquico, não só das vítimas, mas também dos seus familiares e amigos, estes não são contabilizados por serem de difícil quantificação.
- **Custos objetivos**, que englobam as despesas decorrentes dos congestionamentos de trânsito provocados pela ocorrência de acidentes, e nos quais se incluem custos devidos a perdas de tempo e a acréscimo de consumo de combustível.

Nestas circunstâncias, apenas os custos objetivos são contabilizados. Estes custos podem ser distinguidos em diretos e indiretos.

Tipos de custos diretos:

- Valor dos danos materiais causados nos veículos e noutros bens;
- Custo de transporte das vítimas do local do acidente para o hospital e entre hospitais, bem como primeiros socorros;
- Custo hospitalar (ferimentos);
- Custo do funeral (falecimentos);
- Custos das peritagens dos advogados e o valor das custas dos processos em tribunal.

Tipos de custos indiretos:

- Perda de produção e rendimento em consequência de imobilização ou incapacidade;
- Custos atribuídos às entidades fiscalizadoras;



- Custos administrativos das seguradoras;
- Custos administrativos de emergência médica e bombeiros;
- Custos administrativos das entidades intervenientes na segurança rodoviária.

4.3. Metodologia de cálculo do custo dos acidentes

Custos dos acidentes representam as perdas económicas evitáveis dos acidentes de viação. Eles estimam os custos que poderiam ter sido evitados se os acidentes não tivessem acontecido, ou seja, se não houvesse danos ou nenhuma lesões nos ocupantes dos veículos.

Os custos de acidentes resumem o número e a gravidade dos acidentes e permitem comparações de tráfego e de segurança em pontos diferentes. O cálculo é feito usando as taxas de custo de acidentes, que são dependentes das categorias de acidentes e das estradas. Os valores seguidamente apresentados foram retirados de um estudo em estradas alemãs [17].

Quadro 4.1 – Taxas de custo padrão para acidentes

Taxas de custo padrão para acidentes (em euros) relativo ao ano de 2000			
Categoria do Acidente		Tipo de estrada	
		Autoestrada	Rural
1	Acidente com danos pessoais pesados	300000	270000
2	Acidente com danos pessoais ligeiros	31000	18000
3	Acidente com danos pessoais	105000	110000
4	Acidente com danos de propriedades pesados	18500	13000
5	Acidente com danos de propriedades ligeiros	8000	6000
6	Acidente com danos de propriedades	10500	7000

Quadro 4.2 – Estimativas de custo das lesões

Estimativa para o custo de lesões (em euros)	
Morte	1250000
Lesão Grave	85000
Lesão Ligeira	3750



Quadro 4.3 – Custos de acidentes por tipo de lesão e perda de propriedades físicas

Custos de acidentes com lesões contendo danos de propriedades (em euros)		
Categoria	Autoestrada	Rural
Acidente causando morte ou lesão grave	45500	17000
Acidente com lesões ligeiras	25500	13000
Acidente causando danos pessoais	31000	14500

De seguida apresenta-se um exemplo de um cálculo custo de acidente para uma autoestrada.

Média de acidentes com danos pessoais graves em autoestradas (em euros)

Quadro 4.4 – Cálculo do custo de acidente para uma autoestrada

Taxa de Gravidade do acidente	Estimativa de custo de lesão	Custo total por lesão
0,12 mortos	$1.250.000 \times 0,12$	150.000
1,20 feridos graves	$85.000 \times 1,20$	102.000
0,66 ferimentos ligeiros	$3.750 \times 0,66$	2.475
Custo total para danos pessoais		254.475
Total dos custos dos danos materiais		45.500
Taxa de custo padrão por acidente		300.000

4.4. Análise custo-benefício e o caso Norueguês

Em 2001, num estudo da NMCU [18], um total de 246 combinações de diversas estradas e medidas foram analisadas na Noruega, 176 referem-se a guardas de segurança ao longo das bermas para proteger a queda em taludes, 6 referem-se a separadores centrais e 64 se referem a medidas alternativas.

Os benefícios foram maiores que os custos em 127 das análises, o que equivale a 52%. Em geral, os benefícios excedem os custos para a maioria das medidas nas estradas que têm um volume de tráfego de mais de 10.000 veículos por dia. Nas estradas que têm um TMDA inferior a 1.500, os benefícios não foram em nenhum dos casos superiores aos custos.



As guardas de segurança nas bermas das estradas têm uma maior efetividade ao proteger os veículos dos obstáculos envolventes à estrada.

Separadores centrais nas autoestradas da Noruega apenas são rentáveis se o volume de tráfego for maior que 5.000 veículos por dia, caso contrário não.

Neste estudo também se conclui que remover objetos potencialmente perigosos ao largo das estradas poderá ser menos dispendioso e igualmente eficaz, em locais onde as guardas de segurança não são necessárias ou tão eficazes.

A análise de custo-benefício não é baseada em factos que ocorrem todos os dias e da mesma maneira, mas sim em fatores aleatórios, pois ninguém pode ter a certeza de que vai ter um acidente.

Esta análise foi baseada nos seguintes parâmetros:

- Os efeitos da guarda de segurança no número e gravidade dos acidentes;
- O comprimento necessário para as guardas de segurança;
- Custo das guardas vs Custo dos acidentes.

4.5. Análise à instalação em vários países de Dispositivos de Proteção para Motociclistas

4.5.1. França

Em França, o Ministro dos Transportes estimou que instalar dispositivos “amigos” dos motociclistas nas guardas de segurança existentes no País, custaria cerca de 600 milhões de euros.

Com uma média de 60 motociclistas mortos por ano no embate com guardas de segurança e com uma previsão, ainda que pessimista, de redução para metade das vítimas, ou seja, em média 30 mortos por ano devido a esse tipo de acidente.

Com um custo estimado de 1 milhão de euros por cada morto, levaria 20 anos para que a instalação das guardas com dispositivos de proteção para motociclistas fosse rentável. Com este valor apresentado torna-se inoportuna a instalação em todas as guardas nestes equipamentos, sendo assim, apenas foram cobertos os “pontos negros”, ou seja, áreas onde é mais provável acontecer um acidente dessa tipologia.



4.5.2. Holanda

A província de Utrecht, concordou em trabalhar com MAG (*Motorcyclist Action Group*) Holanda, olhando para as estradas regionais dessa província através dos olhos de um motociclista.

Utrecht tem quase 1,2 milhões de habitantes e 33.000 motociclistas e é responsável por 383 quilómetros de estradas regionais. A MAG Holanda e as autoridades de Utrecht investigaram todas as proteções existentes e identificou 16 locais onde as guardas de segurança poderiam ser perigosas para os motociclistas e onde poderiam ser montadas as saias de proteção. A saia metálica foi montada em 2003 nessas barreiras metálicas e o custo total do projeto foi de 100.000€.

A MAG Holanda também teve muito sucesso na chamada de atenção aos problemas impostos pelas barreiras de cabo de aço para os motociclistas, o que levou à remoção desse tipo de guarda de segurança em todo o território holandês.

4.5.3. Austrália

Segundo um estudo elaborado por Anderson, C., Dua, A. & Sapkota, J. [19] em Adelaide Hills, na Austrália, este servirá para verificar se existem ou não benefícios na implementação de dispositivos de proteção para motociclistas às guardas de segurança já existentes.

O objetivo do estudo foi de compartilhar as experiências da instalação de dispositivos de proteção para motociclistas em Adelaide Hills com outras autoridades estatais e projetistas de segurança rodoviária. O motociclismo estava-se tornando cada vez mais popular, tanto para lazer como rotineiro. Os números mostram que o motociclismo é a forma mais perigosa de viagem terrestre na Austrália. Para cada 1 bilhão de quilómetros percorridos por motociclistas, havia 117 mortes de motociclistas. O que é quase 30 vezes o número registrado pelos acidentes de outros tipos de veículos, que é menos do que 4 mortes por 1 bilhão de quilómetros percorridos. (Johnston et al, 2008; DPTI- *Department of Planning, Transport & Infrastructure*, 2011).

A metodologia deste estudo envolveu os seguintes passos:



- Recolha de estatísticas de acidentes no Sul da Austrália, e registos de velocidades e localização das guardas de segurança;
- Análise dos dados sobre dos acidentes para identificar comportamentos padrão dos motociclistas;
 - Exibição de registos em vídeo e mapeamento de informações;
 - Visitas ao terreno;
- Pesquisas bibliográficas e revisão da informação do produto a instalar;
- Identificação das dificuldades do local, limitações e outras questões à implementação do sistema por parte dos projetistas;
- Revisão dos dados de acidentes de motociclistas para depois de instalar as guardas, se possam corrigir os erros ainda existentes.

Análise dos acidentes

Entre 2001 e 2010, ocorreram 56 acidentes com motociclistas registados em Gorge Road, e que tiveram 60 vítimas, 8 dessas vítimas foram fatais, 21 foram feridos graves e 21 feridos ligeiros, por sua vez em Cudlee Creek Road foi apenas relatada uma vítima mortal, resultante de 19 acidentes.

Em Gorge Road 19 dos 56 acidentes (34%) envolveram guardas de segurança, resultando e em 5 acidentes com vítimas fatais, 8 com ferimentos graves e 9 com ferimentos ligeiros. Por sua vez em Cudlee Creek Road 7 dos 19 acidentes (34%) envolveram guardas de segurança, resultando em uma vítima mortal, 5 com ferimentos graves e 3 com ferimentos ligeiros. Estes dados, são apresentados do seguinte quadro resumo.



Quadro 4.5 – Total de acidentes envolvendo motociclistas com guardas de segurança nas estradas de Adelaide Hills, entre de 2001 e 2010

Estrada	Dist. (km)	Acidentes	Total de acidentes c/ impacto em guardas de segurança	Lesões			
				Fatais	Feridos Graves	Feridos Ligeiros	Total
Gorge Rd	22.7	56	19	5	8	9	22
Cudlee Creek Rd	7.8	19	7	1	5	3	9

Análise após instalação das proteções para motociclistas

Depois da instalação dos dispositivos de segurança par motociclistas, entre Junho de 2010 e Março de 2012, apenas ocorreram 20 acidentes com motociclistas, que irão ser descritos no seguinte quadro.

Quadro 4.6 – Total de acidentes envolvendo motociclistas com guardas de segurança nas estradas de Adelaide Hills, entre Junho de 2010 e Março de 2012, após a instalação de proteções para motociclistas

Estrada	Dist. (km)	Acidentes	Total de acidentes c/ impacto em guardas de segurança	Lesões			
				Fatais	Feridos Graves	Feridos Ligeiros	Total
Gorge Rd	22.7	10	2	0	0	1	1
Cudlee Creek Rd	7.8	10	0	0	0	0	0

A única vítima de acidente com guarda de segurança, relatou ao autor do estudo, que se a guarda de segurança com a qual embateu não tivesse acoplado um dispositivo de segurança para motociclistas, com certeza que a sua lesão teria sido muito mais grave

do que aquilo que foi, pois pode-se verificar pela imagem seguinte que a sua moto não ficou em muito bom estado.

Figura 4.1 – Moto e guarda de segurança nas quais ocorreu o acidente



Embora o período de estudo seja mais curto que o anterior, pode-se afirmar que este tipo de guardas são benéficas à preservação da vida/saúde do motociclista em caso de acidente no embate deste tipo. O facto de em 20 acidentes deste tipo apenas ter sido reportado um acidente com 1 vítima ligeira é um excelente ponto a favor da instalação de mais dispositivos deste tipo em diversas estradas potencialmente perigosas, pois se é de se referir que em 9 anos ocorram 75 acidentes deste tipo nas duas estradas e houve no total um número de vítimas (fatais, graves e ligeiras) de 31.

4.6. Análise de custo-benefício em Portugal – Exemplo Teórico

Segundo a Estradas de Portugal, na Rede Rodoviária Nacional, os sistemas de retenção rodoviária estão repartidos da seguinte forma:

- Guardas de segurança rígidas 197 km (7%)
- Guardas de segurança semi-flexíveis 2700 km (93%)
- Com DPM 863 km (32%)
- Sem DPM 1837 km (68%)

O total de quilómetros de guardas de segurança na Rede Rodoviária nacional é de 2897 km.



4.6.1. Metodologia

1º- Analisar a evolução da taxa de mortalidade com 2 rodas de 1995 a 2010 e compará-la com os outros veículos

A análise ao número de acidentes rodoviários revela que de 1995 a 2010 estes cada vez têm sido menos e que consequentemente a sinistralidade tem vindo a diminuir tanto nos veículos com carroceria como com nos veículos de duas rodas, sendo que a taxa de vítimas mortais em acidentes de duas rodas decresceu nesse período cerca de 70%.

Quadro 4.7 – Número de vítimas em acidentes rodoviários envolvendo veículos de duas rodas de 1995 a 2010

Acidentes envolvendo veículos de duas rodas de 1995 a 2010			
Ano	Vítimas Mortais	Feridos Graves	Feridos Ligeiros
1995	684	4450	20574
1996	622	3733	18038
1997	580	3160	18040
1998	553	2818	18371
1999	480	2435	16334
2000	432	2081	13468
2001	406	1666	14240
2002	375	1281	11375
2003	380	1346	10750
2004	306	1216	10334
2005	300	1122	9598
2006	240	1006	8950
2007	219	906	8953
2008	201	739	8139
2009	177	734	8137
2010	205	648	7970

2º- A taxa de mortalidade antes e depois de 2004 nos veículos de 2 rodas

O ano de 2004, foi o ano em que surgiram as primeiras saias metálicas na rede rodoviária portuguesa. De 1995 a 2003 houve um decréscimo de 44% na taxa de



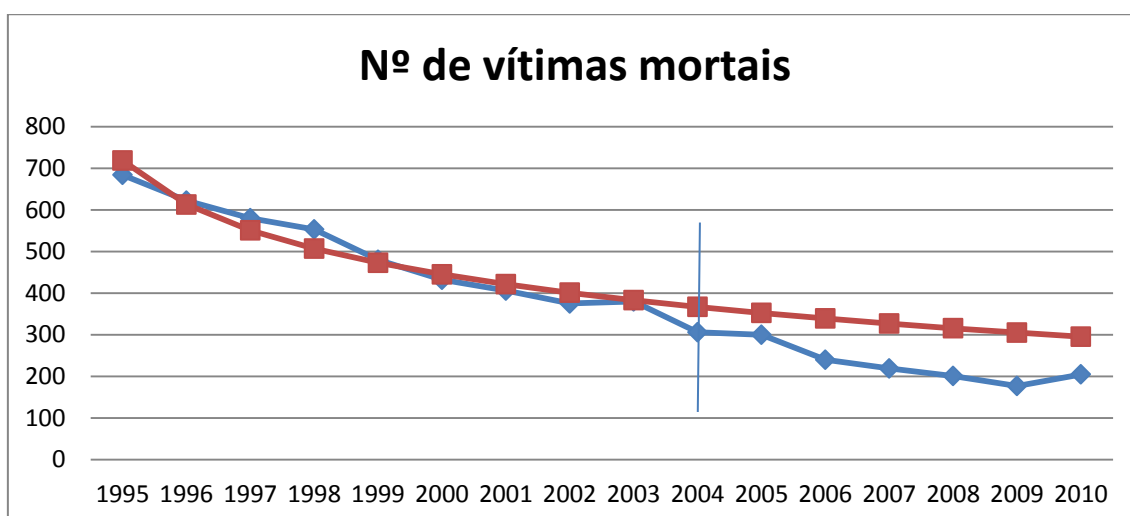
mortalidade, de 2003 a 2010, houve um decréscimo de 46%. Apesar de nem todos os acidentes se darem em colisões entre o motociclista e guarda de segurança, estes dados indicam que em consequência do facto do número de acidentes e vítimas estar a diminuir ao longo do tempo que a taxa de mortalidade nesse tipo de acidentes também diminuiu.

3º- Mortalidade, feridos graves e ligeiros expectáveis após a introdução das saias metálicas e comparação com o que se obteve na realidade

Para a elaboração destes gráficos foram utilizados os dados de sinistralidade rodoviária de 1995 a 2010 envolvendo utilizadores de veículos de duas rodas. Para haver um termo de comparação entre no número de vítimas reais e o número de vítimas expectáveis nos acidentes envolvendo veículos de duas rodas, foi adicionada uma linha de tendência com base nos valores de sinistralidade rodoviária de 1995 a 2004.

O tipo de linha tendência escolhida (representada pela cor vermelha nos gráficos seguintes) foi a logarítmica, pois esta é muito útil quando existe uma variação de dados muito repentina e que depois tende a estabilizar. A tendência linear não poderia ser utilizada neste caso, pois estes acontecimentos não têm qualquer relação de linearidade, isto é, se fosse utilizada uma função linear, os valores expectáveis de sinistralidade nos últimos anos em estudo tomavam valores negativos, o que não é de todo expectável que isso alguma vez aconteça (não haver vítimas de acidentes rodoviários durante um ano).

Gráfico 4.1 – Comparação entre as vítimas mortais que ocorreram de 1995 a 2010 em acidentes envolvendo veículos de 2 rodas com o que era expectável (linha de tendência)





Quadro 4.8 – Vítimas mortais reais vs vítimas mortais expectáveis em acidentes envolvendo veículos de duas rodas

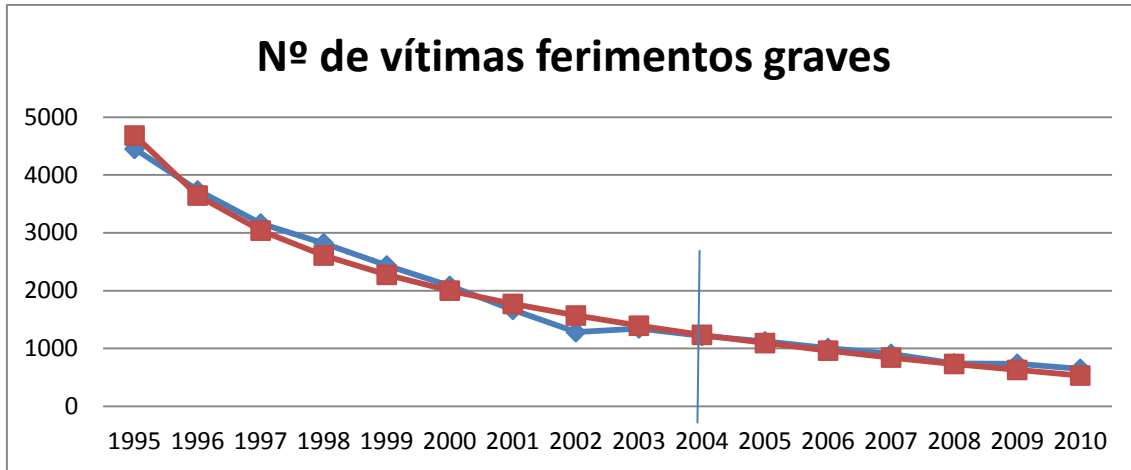
Ano	Vítimas mortais reais	Vítimas mortais expectáveis (traduzido pela eq. da reta $y = -152,6 \cdot \ln(x) + 718,44$ – linha de tendência de 1995 a 2004)	Diferencial
2004	306	367	-61
2005	300	352	-52
2006	240	339	-99
2007	219	327	-108
2008	201	316	-115
2009	177	305	-128
2010	205	295	-90

Os dados obtidos na comparação das vítimas mortais envolvendo acidentes de veículos de duas rodas de 2004 a 2010 com aquelas que eram expectáveis se as condições da via continuassem semelhantes aos anos anteriores a 2004, revela um decréscimo significativo de vítimas mortais. Estes dados podem ser explicados de forma multidisciplinar:

- a) Os utilizadores de veículos de duas rodas estarão mais conscientes e cuidadosos relativamente aos perigos que correm;
- b) A existência de novos eixos viários;
- c) Medidas acrescidas dirigidas à segurança rodoviária;
- d) A introdução de guardas de segurança com Dispositivos de Proteção para Motociclistas.

Estes fatores podem ter contribuído para a redução da severidade das lesões nos acidentes dos veículos de duas rodas.

Gráfico 4.2 – Comparação entre o número de feridos graves que ocorreram de 1995 a 2010 em acidentes envolvendo veículos de 2 rodas com o que era expectável (linha de tendência)



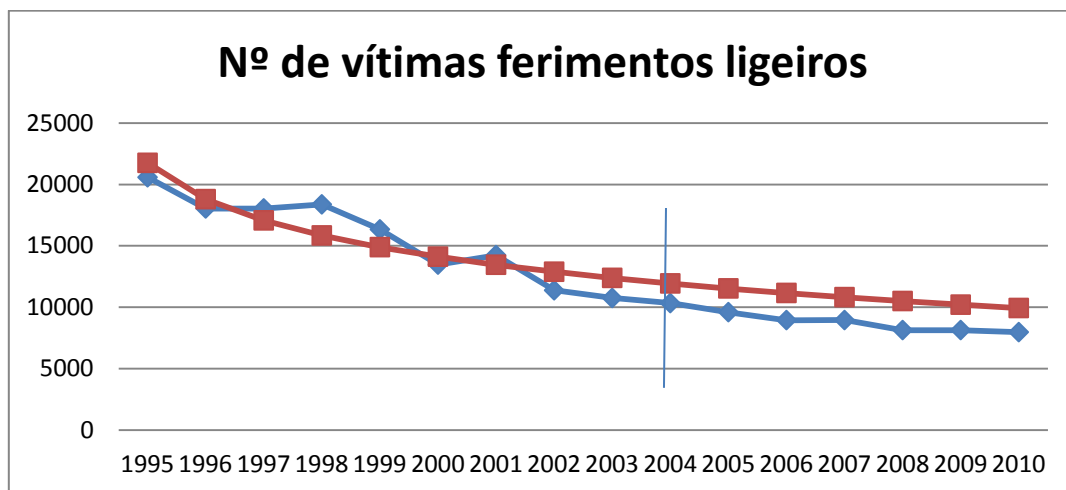
Quadro 4.9 – Vítimas de ferimentos graves reais vs vítimas de ferimentos graves expectáveis em acidentes envolvendo veículos de duas rodas

Ano	Ferimentos graves reais	Ferimentos graves expectáveis (traduzido pela eq. da reta $y = -1497 \cdot \ln(x) + 4681,9$ – linha de tendência de 1995 a 2004)	Diferencial
2004	1216	1235	-19
2005	1122	1092	30
2006	1006	962	44
2007	906	842	64
2008	739	731	8
2009	734	628	106
2010	648	531	117

Os dados obtidos na comparação das vítimas de ferimentos graves envolvendo acidentes de veículos de duas rodas de 2004 a 2010 com aquelas que eram expectáveis se as condições da via continuassem as mesmas como nos anos anteriores a 2004, revela um crescimento significativo de vítimas de acidentes de duas rodas com ferimentos

graves. Isto pode dever-se ao facto de com o decréscimo de vítimas mortais, devido à introdução de novos equipamentos na via (como é o caso das guardas de segurança com DPM's), a severidade das lesões nesse tipo de acidentes, que era em muitos casos mortais, passou a ser menor, havendo assim um maior número de ferimentos graves ou ligeiros.

Gráfico 4.3 – Comparação entre o número de feridos graves que ocorreram de 1995 a 2010 em acidentes envolvendo veículos de 2 rodas com o que era expectável (linha de tendência)



Quadro 4.10 – Vítimas de ferimentos ligeiros reais vs vítimas de ferimentos ligeiros expectáveis em acidentes envolvendo veículos de duas rodas

Ano	Ferimentos ligeiros reais	Ferimentos ligeiros expectáveis (traduzido pela eq. da reta $y = -4262 \cdot \ln(x) + 21750$ – linha de tendência de 1995 a 2004)	Diferencial
2004	10334	11936	-1602
2005	9598	11530	-1932
2006	8950	11159	-2209
2007	8953	10818	-1865
2008	8139	10502	-2363
2009	8137	10208	-2071
2010	7970	9933	-1963



Os dados obtidos na comparação das vítimas de ferimentos ligeiros envolvendo acidentes de veículos de duas rodas de 2004 a 2010 com aquelas que eram expectáveis se as condições da via continuassem as mesmas como nos anos anteriores a 2004, revela um decréscimo significativo desse número de vítimas. Isto pode ser explicado com o facto de cada vez haver menos acidentes envolvendo veículos de duas rodas e uma consequente maior consciencialização dos utilizadores deste tipo de veículo à forma como circulam na estrada.

4º- Custo do Investimento Vs Custo dos acidentes

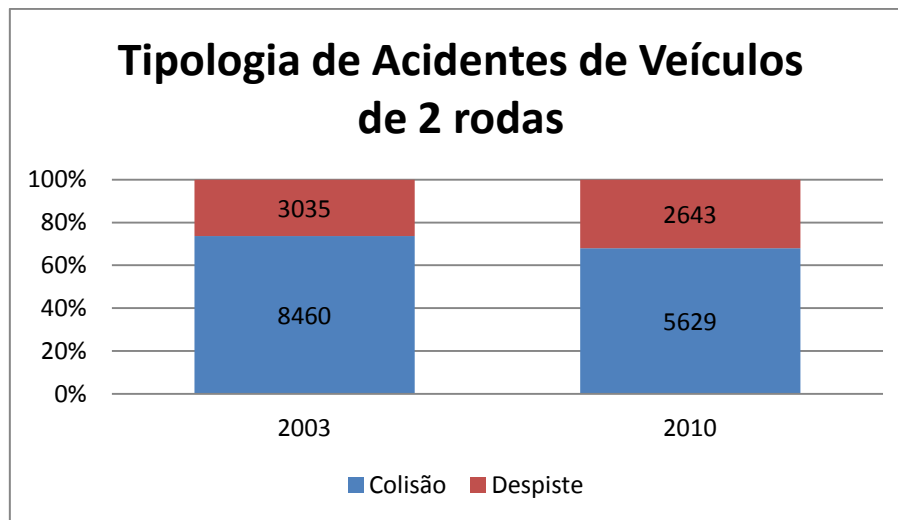
A Estradas de Portugal indicou que o custo médio por metro linear das saias metálicas são de 20€ por metro linear, o que leva a querer que a saia foi adicionada a uma guarda de segurança já existente.

Sendo assim, temos que o custo das guardas de segurança com DPM por quilómetro linear de é de 20.000 €, sendo que em Portugal existem 863 km de estrada dotados com esse sistema, o investimento total feito nestas estruturas desde 2004 (quando foi aprovada a lei dos rails), estima-se que seja cerca de 17.260.000,00 € e isto sem contar com a substituição e manutenção do sistema. Considerando que os casos de manutenção ou substituição foram 10% do custo total, tem-se um investimento total de 18.986.000,00 €.

Premissas utilizadas para definir a redução do custo dos acidentes desde 2004 até 2010:

- Os acidentes envolvendo veículos de 2 rodas contra guardas de segurança envolvem duas tipologias de acidentes diferentes: colisões e despistes;
- O número de acidentes derivado de colisões tem vindo a diminuir, como irá ser mostrado no seguinte gráfico;

Gráfico 4.4 – Comparação entre as tipologias de acidentes e a sua percentagem no ano de 2003 e de 2010



O custo médio de acidentes, segundo um estudo em estradas alemãs [17], tem os seguintes valores:

Estimativa para o custo de lesões (em euros)	
Morte	1250000
Lesão Grave	85000
Lesão Ligeira	3750

- Considerar que o diferencial obtido no ponto anterior, entre as vítimas reais e as expectáveis se deveu em 10% à introdução dos dispositivos de proteção para motociclistas nas guardas de segurança;

Assim sendo de 2004 a 2010, o decréscimo dos custos de acidentes com veículos de duas rodas devido à introdução de dispositivos de proteção para motociclistas nas guardas de segurança foi o seguinte:



Quadro 4.11 – Diferença entre os custos expectáveis e os custos reais após a introdução de proteções para motociclistas nas guardas de segurança

	Mortos	Feridos Graves	Feridos Ligeiros	Custos
2004	-6	-2	-160	-8.389.988,71 €
2005	-5	3	-193	-7.031.843,15 €
2006	-10	4	-221	-12.854.858,94 €
2007	-11	6	-187	-13.655.487,60 €
2008	-11	1	-236	-15.155.198,07 €
2009	-13	11	-207	-15.894.241,40 €
2010	-9	12	-196	-11.032.425,00 €
Total				-84.014.042,87 €

Com um investimento total de 18.986.000,00 € e um retorno de 84.014.042,87 € em termos de acidentes, significa uma poupança de cerca de 65.028.042,00 €.

Sendo que esta é uma abordagem teórica e meramente especulativa, dado que não estão discriminados os números reais de acidentes deste tipo nem sequer a tipologia da lesão consequente destes acidentes, não se torna possível indicar com rigor a relação matemática do custo/benefício. Contudo tudo parece indicar que essa relação é favorável ao investimento que foi feito.

É importante referir que o número de vítimas mortais e ferido ligeiros é inferior ao expectável após o ano de introdução dos DPM (2004) nas guardas de segurança em Portugal, e que o mesmo não acontece em relação ao número de feridos graves, o que revela que estes equipamentos podem ter um contributo muito decisivo na redução da severidade das lesões em acidentes envolvendo veículos de duas rodas.

Naturalmente uma série estatística mais longa traduziria a mesma relação, ou seja, o custo de investimento inicial adicionado às despesas de manutenção, será ainda inferior ao benefício económico da redução anual dos acidentes com veículos de 2 rodas. Resumindo, o benefício esperado cresce com o tempo, até que seja atingida a vida útil do equipamento e de novo necessária a sua reinstalação.



O valor absoluto acumulado desse benefício é sem dúvida, progressivamente maior que o valor do custo do investimentos adicionado à manutenção, pelo que assim sendo, mesmo com pressuposto ainda que especulativos, pode afirmar-se que o ambiente rodoviário está mais favorável e seguro à circulação de veículos de 2 rodas.



5. Avaliação de grau de eficácia ao despiste

Neste capítulo apenas será tomada em atenção o impacto em guardas de segurança com dispositivos de segurança para motociclistas, que neste caso irá ser a saia metálica mecânica.

Avaliar a eficácia de uma guarda de segurança ao despiste, faz-se de maneira diferente para veículos com carroceria e para veículos de duas rodas, pois as guardas de segurança na sua primeira forma não contemplavam dispositivos de proteção para motociclistas, logo não foram adotados critérios de segurança para estes.

Considere-se por exemplo um conjunto motard+rail com 350 Kg. A determinada velocidade o veículo possui uma determinada energia cinética que é necessário dissipar em caso de acidente.

Quadro 5.1 – Influência da velocidade na severidade dum acidente [20] (MRRA)

Velocidade (km/h)	Energia a dissipar em caso de acidente (kJ)	Energia a dissipar relativamente à energia a dissipar a 50 km (%)
50	33.76	100
70.7	67.52	200
100	135.00	400
141.4	269.98	800
200	540.12	1600

A energia cinética pode ser dissipada de várias formas (atrito, deformação do veículo ou das estruturas de proteção, maior afastamento entre via e guardas de segurança, barreiras protegidas e com boa capacidade de absorção de energia) mas não há a garantia de que mesmo que essa energia seja algo dissipada os ocupantes do veículo sobrevivam.

Porque se bem que a proteção de barreiras seja importante no caso dos ferimentos, só por si não garante níveis de lesões abaixo do humanamente tolerável de acordo com os princípios da biomecânica.



5.1. Principais Lesões nos Embates com Guardas de Segurança

“A natureza dos impactos com barreiras é tal que os pilotos têm mais probabilidade de sofrer lesões nas extremidades inferiores e regiões vitais do corpo, como a coluna vertebral, cabeça e tórax” (ACEM, 2004; Inferno et al, 1993; Peldschus et al., 2007, Quincy et al., 1988). Lesões típicas incluem fraturas, fraturas expostas, graves lesões internas e, em alguns casos amputações traumáticas.

Um número desproporcionalmente alto de impactos ocorrem em estradas com curvas de raio muito apertado e em rotundas, que são precisamente as áreas onde as barreiras são instaladas e onde atenção ao pormenor é necessário para assegurar que é fornecida uma proteção adequada. Avaliações detalhadas têm permitido uma melhor compreensão das colisões de motociclistas em guardas de segurança, mas em quase todos os casos não se consegue especificar se o tipo de barreira contribuiu para a gravidade da lesão ou mesmo que impediu um acidente mais grave.

Segundo o relatório MAIDS2 [5], que estuda os acidentes de motociclistas em Espanha, Itália, Alemanha, Itália e França num conjunto de 60 acidentes, verificou-se qual era a parte do corpo prejudicada pelo embate numa guarda de segurança e qual a sua gravidade. Este estudo está descrito no quadro 5.1.

Quadro 5.2 – Tipo de lesões frequentes nos embates de motociclistas com guardas de segurança

Frequência	Tipo de Lesões						Total
%Linha							
%Coluna							
%Total	Menores	Moderadas	Sérias	Severas	Críticas	Máximas	
Cabeça	0	3	1	5	1	2	12
	0,00%	25,00%	8,33%	41,67%	8,33%	16,67%	100,00%
	0,00%	15,00%	11,11%	83,33%	50,00%	100,00%	20,00%
	0,00%	5,00%	1,67%	8,33%	1,67%	3,33%	20,00%
Pescoço	1	0	0	0	0	0	1
	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	4,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,67%
	1,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,67%
Membros	3	0	1	1	1	0	6



Superiores	50,00%	0,00%	16,67%	16,67%	16,67%	0,00%	100,00%
	14,29%	0,00%	11,11%	16,67%	50,00%	0,00%	10,00%
	5,00%	0,00%	1,67%	1,67%	1,67%	0,00%	10,00%
Abdómen	0	7	1	0	0	0	8
	0,00%	87,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	0,00%	35,00%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	13,33%
	0,00%	11,67%	1,67%	0,00%	0,00%	0,00%	13,33%
Bacia	1	1	0	0	0	0	2
	50,00%	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	4,76%	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,33%
	1,67%	1,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,33%
Coluna	8	7	1	0	0	0	16
	50,00%	43,75%	6,25%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	38,10%	35,00%	11,11%	0,00%	0,00%	0,00%	26,67%
	13,33%	11,67%	1,67%	0,00%	0,00%	0,00%	26,67%
Membros Inferiores	7	2	5	0	0	0	14
	50,00%	14,29%	35,71%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	33,33%	10,00%	55,56%	0,00%	0,00%	0,00%	23,33%
	11,67%	3,33%	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%	23,33%
Todo o Corpo	1	0	0	0	0	0	1
	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
	4,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,67%
	1,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,67%
Total	21	20	9	6	2	2	60
	35,00%	33,33%	15,00%	10,00%	3,33%	3,33%	100,00%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

O tipo de lesão mais frequente no embate com guardas de segurança é na zona da coluna, seguindo-se a cabeça. Pode-se verificar que os embates nas guardas de segurança na maioria dos casos não provocam lesões muito graves (provavelmente a maioria das guardas em estudo tinham dispositivos de proteção para motociclistas). Os casos mais problemáticos ocorrem quando existe o embate entre a guarda e a cabeça do



motociclista, pois mesmo com o uso de capacete, a velocidade de impacto nem precisa de ser muito elevada, para causar sérios danos a um motociclista.

5.2. Bases técnicas para o desenvolvimento de um padrão de impacto de veículos de duas rodas em guardas de segurança

Certos laboratórios rodoviários sentiram-se no dever de iniciar testes e a associar critérios de lesões aos impactos ocorridos entre um utilizador de duas rodas e uma guarda de segurança com dispositivo de proteção para motociclista. Sendo que os critérios para estes impactos particulares são necessários para o desenvolvimento de um teste de colisão normalizado.

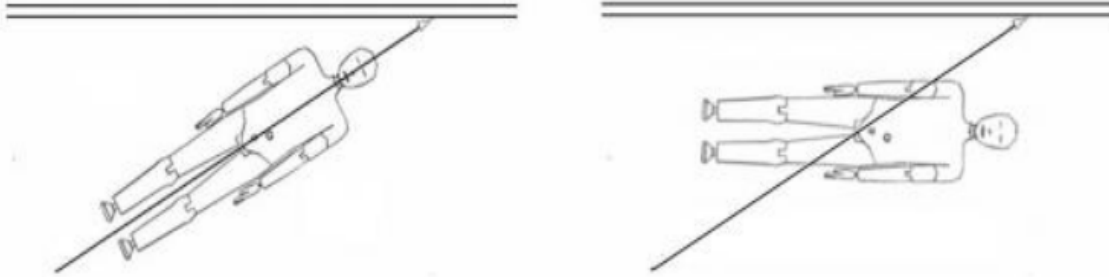
Portanto, bases de dados foram analisadas a fim de avaliar a natureza dos impactos de motociclistas em guardas de segurança desse tipo e adquirir conhecimentos para além dos casos esporádicos relatados em publicações sobre guardas de segurança.

De seguida, vão ser apresentados alguns procedimentos de testes base para avaliar o impacto dum motociclista com uma guarda de segurança.

5.2.1. L.I.E.R. – França

A L.I.E.R., em 1998, [21] foi pioneira dos primeiros ensaios para motociclistas, pois houve uma necessidade das autoridades de segurança rodoviária francesas, em avaliar o desempenho das proteções das guardas de segurança “amigas” dos motociclistas. O procedimento de avaliação do desempenho da proteção dos prumos das guardas para os motociclistas inclui dois testes, tendo estes como base o lançamento de um manequim de teste ou “dummy” para o item de teste instalado, a uma velocidade de 60 km/h a um ângulo de 30° num trenó de 2 maneiras diferentes, como mostra a figura 5.1.

Figura 5.1 – Ensaio da L.I.E.R. para avaliação de desempenho das guardas de segurança



O primeiro teste mostra-nos o manequim de costas, com a cabeça em direção à guarda de segurança e com o seu eixo longitudinal paralelo à trajetória a que foi lançado.

No segundo teste, o manequim está também de costas, mas com o seu eixo paralelo com a guarda de segurança.

Para aceitação deste ensaio a L.I.E.R tem em conta os seguintes critérios da biomecânica:

- Lesões na Cabeça - HIC (Head Injury Criterion);
- Critério de compressão no pescoço;
- Critério de tração cervical;
- Critério de corte de pescoço.

Por fim, há que ter em conta que a introdução de guardas para os motociclistas, não pode alterar a capacidade de retenção dos sistemas já existentes e que, para um novo projeto de barreira de segurança, esta deve estar em conformidade e cumprir todas as especificações das normas EN 1317-1 e 2.

5.2.2. DEKRA – Alemanha

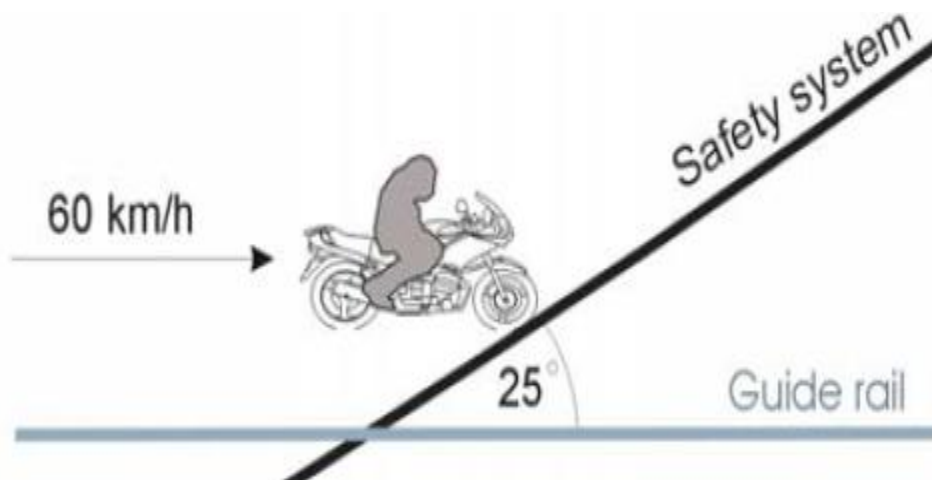
Os testes da DEKRA foram realizados no âmbito de um projeto de pesquisa (Gaertner et al 2006), associado à BASt (Bundesanstalt für Straßenwesen), onde estão incluídos testes de impacto de duas rodas sob duas diferentes configurações.

O objetivo deste projeto foi de desenvolver a partir de outro projeto anterior (Buerkle et Berg 2001) um novo tipo de guarda de segurança com proteção para motociclistas, para que fossem adotadas às guardas de segurança já existentes na Alemanha.

Foram ensaiados com dummies Hybrid III dois tipos de impacto:

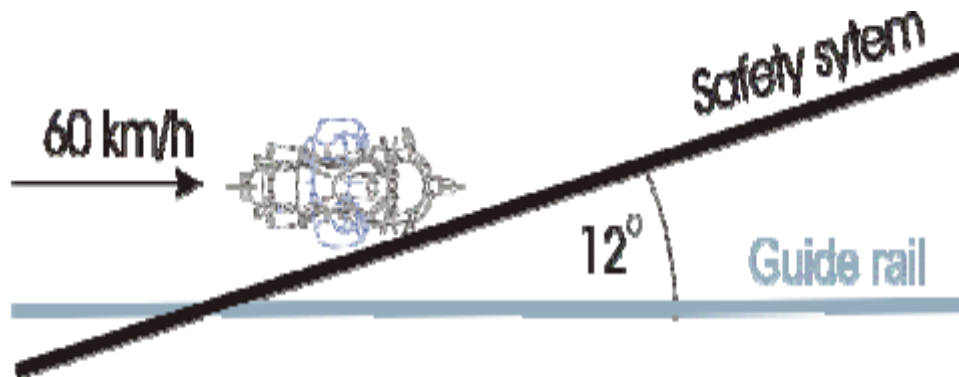
1. 60 km/h de velocidade em cima da mota e ângulo de impacto com a guarda de segurança de 25°.

Figura 5.2 – Ensaio 1 da DEKRA para avaliação de desempenho das guardas de segurança



2. 60 km/h de velocidade em cima da mota e ângulo de impacto com a guarda de segurança de 12°.

Figura 5.3 – Ensaio 2 da DEKRA para avaliação de desempenho das guardas de segurança



5.2.3. Norma 1317 UNE 135900 – 1:2003 – Teste Espanhol (CIDAUT)

Passado algum tempo, a norma EN 1317 UNE 135900 – 1:2003, adotou critérios de medição para validação das proteções para motociclistas nas guardas de segurança, tendo em conta, entre outros factos, quais as medições que se devem efetuar em manequins de teste, de forma a poder avaliar as lesões que um ser humano sofreria em condições semelhantes. Esta norma é a base para a execução de guardas de segurança com proteção de saia metálica para motociclistas e é ela que vai estabelecer os limites de aceitação para que esta esteja bem dimensionada e seja eficaz na proteção da vida aquando a ocorrência de embates na mesma.

A avaliação de lesões na biomecânica, segundo a publicação “Modelos para a simulação de impacto entre motociclistas e barreiras” [22], que servirão para homologar e comercializar os dispositivos de segurança para motociclistas, é feita com base nos seguintes índices:

- HIC (Head Injury Criterion) para avaliar as lesões na cabeça;
- Pescoço (forças e momentos aplicados);
- Tórax e abdómen (índice de viscosidade).

Estes índices são contemplados com valores de referência sobre os quais são traduzidos os critérios de aceitação/eficácia para as empresas comercializadoras das guardas de segurança. De seguida será falado de cada critério de homologação das guardas.



Lesões na cabeça

Segundo McHenry [23], as lesões na cabeça podem ser caracterizadas da seguinte forma:

1- Causa da lesão: Impacto ou de não impacto;

2- Tipo de Lesão: Primária ou Secundária

Primária – Ocorre no decorrer do evento que leva à lesão.

Secundária – Ocorre devido a lesões provocadas pelas primárias.

3- Local da Lesão: Localizada ou Difusa, consoante esteja num local bem definido do cérebro ou por outro lado espalhada no mesmo.

Segundo a mesma publicação [23], num acidente ocorrem geralmente três tipos de colisão. Na primeira colisão, ocorre o impacto em si, contra um obstáculo, no caso em estudo, uma guarda de segurança. A segunda colisão é entre os ocupantes do veículo e o seu interior, que no caso dum motociclista pode ser o pavimento ou uma guarda de segurança. E, por fim, a terceira colisão é entre os órgãos internos do corpo e as paredes do mesmo.

Atendendo apenas aos impactos dos motociclistas com a cabeça nas guardas de segurança, pode-se dividir o impacto pelas seguintes fases:

1- Impacto da superfície exterior do capacete com a guarda de segurança;

2- Impacto da superfície da cabeça com as paredes internas do capacete;

3- Colisão do cérebro com as paredes do crânio.

Para quantificar as lesões dos motociclistas na cabeça, é utilizado o **HIC**, como já foi anteriormente referido. Esta é uma medida da probabilidade de lesão na cabeça resultante de um impacto, que pode ser usado para avaliar a segurança relacionada com veículos e equipamentos de proteção pessoal.

O HIC é um critério baseado no cálculo integral da aceleração. A sua expressão de cálculo é a seguinte:

$$HIC = \left\{ (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} \right\}_{\max}$$



Sendo que:

- $a(t)$ é a aceleração calculada no centro de massa da cabeça e o intervalo de tempo (t_2-t_1) onde HIC é máximo;
- Para efeitos de cálculo considera-se (t_2-t_1) de 15 ms (milissegundos) para acidentes que envolvem contacto direto da cabeça (HIC_{15}) e de 36 ms para acidentes que não envolvem contacto direto (HIC_{36});
- Considera-se uma tolerância de 1000 como limite máximo para o HIC_{36} . A partir deste valor são esperadas lesões graves e permanentes;
- Na indústria automóvel e por razões de segurança, esta tolerância é de 700, sendo que para as guardas de segurança o nível de proteção mais seguro é de um HIC_{36} de 500.

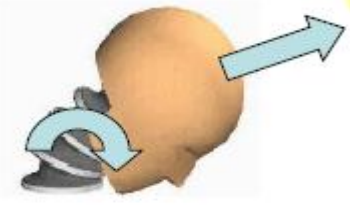
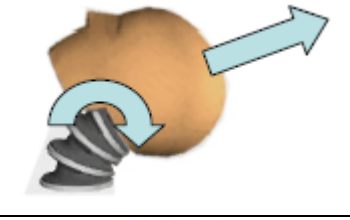
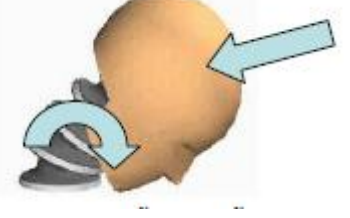
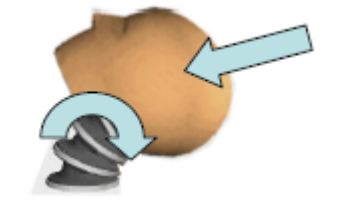
Lesões no pescoço/cervical

São conhecidas como as lesões da coluna vertebral. Este tipo de lesões são as mais perigosas na medida em que as lesões afetas a esta zona poderão levar a graves consequências como paraplegia ou até à morte.

Em acidentes de viação, as cargas transmitidas ao pescoço tem geralmente um caracter composto, produzindo-se conjuntamente forças axiais, transversais e de flexão.

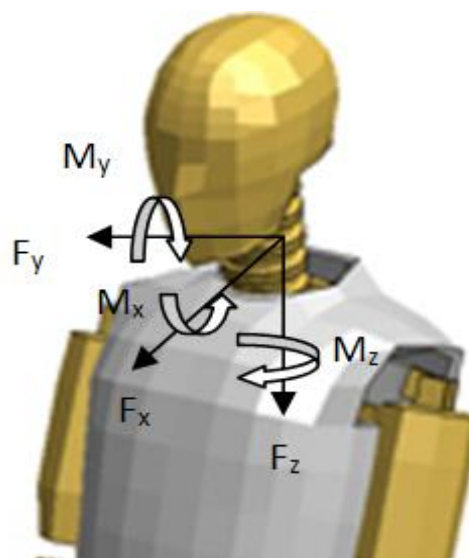
Deste mecanismo de lesão composto, salientam-se os seguintes modos de lesão:

- Tração – Flexão;
- Tração – Extensão;
- Compressão – Flexão;
- Compressão – Extensão;
- Flexão Lateral.

	Figura 5.4 – Tração - Flexão
	Figura 5.5 – Tração - Extensão
	Figura 5.6 – Compressão-Flexão
	Figura 5.7 – Compressão - Extensão

A EN 1317 UNE 135900 – 1:2003 estipula quais os valores das forças e dos momentos a serem medidos pelo manequim de teste e quais os limites que estas devem ter para que a sua proteção seja homologada. Os valores em análise vão ser os seguintes:

Figura 5.8 – Representação dos sentidos das forças e momentos num dummy

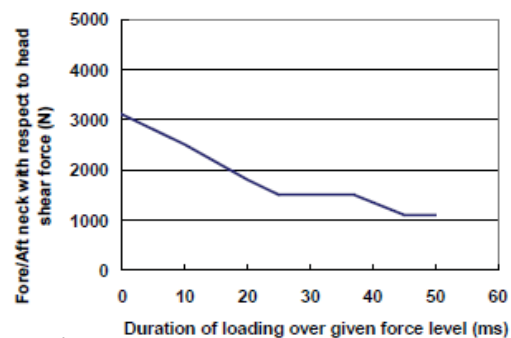
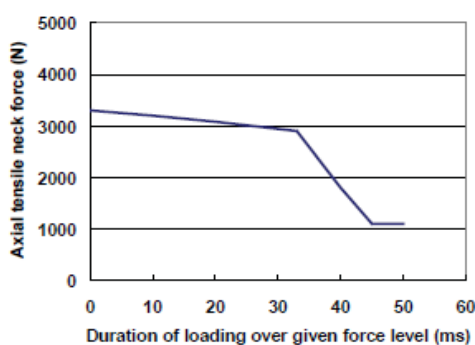
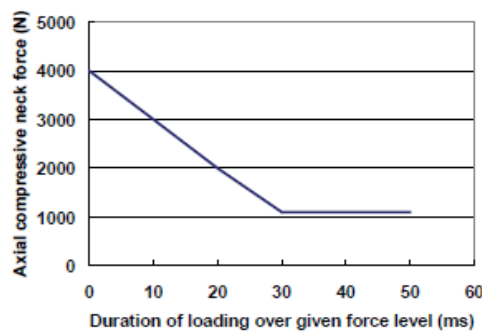


- Fx- Força de corte anterior-posterior;
- Fy- Força de corte lateral;
- Fz- Força de tração/compressão;
- Mx- Momento – fletor lateral
- My- Momento – fletor-extensor;
- Mz- Momento Tensor.

Critérios de análise de lesões no pescoço/cervical

Mertz [24] propôs critérios de avaliação de lesões no pescoço baseando-se em experiências utilizando cadáveres, e simulações de acidentes, utilizando manequins de teste Hybrid III. Estes resultados são apresentados em gráficos de duração admissível das forças atuantes no pescoço/cervical, segundo a “*Future Research Directions in Injury Biomechanics and Passive Safety Research*” [25].

Gráfico 5.1 – Comportamento das forças aplicadas ao pescoço/cervical com base em ensaios com dummies, segundo Mertz



- a) Resposta do pescoço à força de compressão
- b) Resposta do pescoço à força de tração
- c) Resposta do pescoço à força de corte anterior-posterior do pescoço

Já a 1317 UNE 135900 – 1:2003 apresenta o seguinte quadro resumo e gráficos em relação ao critério de aceitação à homologação das guardas em testes padrão.

Quadro 5.3 – Valores limite para lesões na cervical segundo a EN 1317 UNE 135900 – 1:2003

Nível	Cervical			
	Fx (kN)	Fz tração (kN)	Fz compressão (kN)	My (N.m)
I - 500	1,8	2,7	4,0	42,0
II - 1000	3,1	3,2	4,0	57,0

Gráfico 5.2 – Resposta do pescoço à força de corte anterior-posterior com base em ensaios com dummies. Fonte: CIDAUT

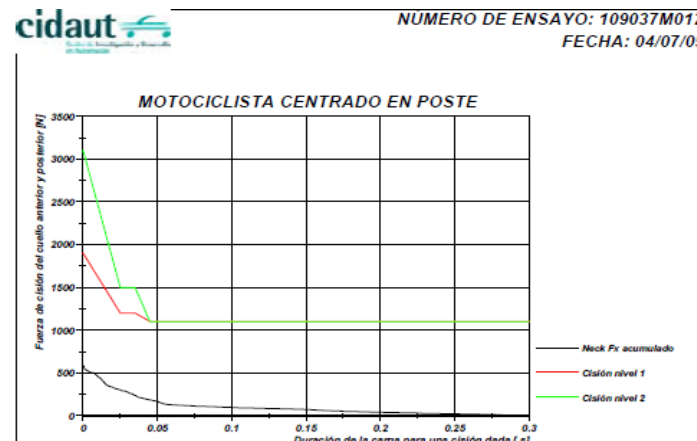


Gráfico 5.3 – Resposta do pescoço à força de tração com base em ensaios com dummies. Fonte: CIDAUT

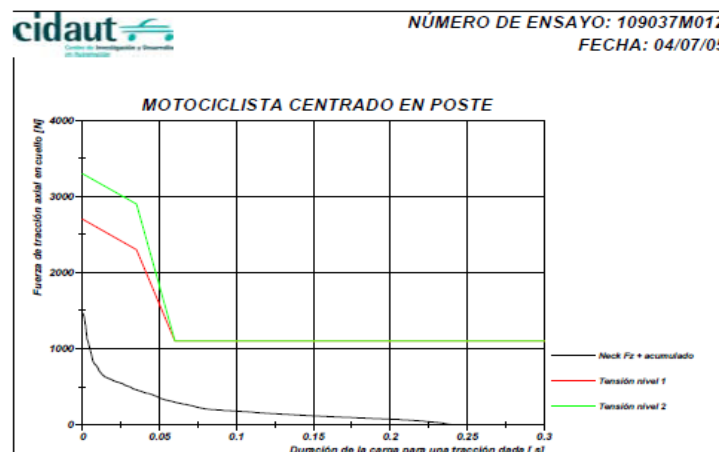
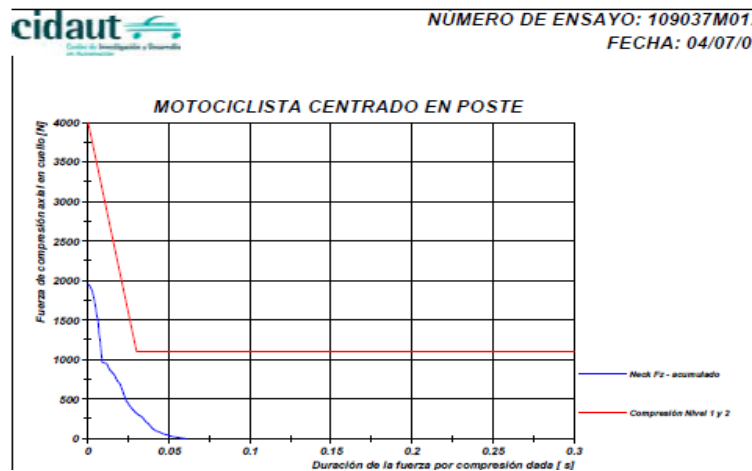


Gráfico 5.4 – Resposta do pescoço à força de compressão com base em ensaios com dummies. Fonte: CIDAUT



Lesões no Tórax e abdómen

A biomecânica da lesão no tórax e abdómen está diretamente relacionada com a quantidade e taxa de deformação que ocorrem nesta região do corpo durante uma situação de impacto.

A resposta biomecânica do tórax e abdómen tem essencialmente 3 componentes:

- Inércia (oposição às acelerações induzidas pelo impacto nesta região do corpo);
- Elástica (associada à rigidez dos ossos e tecidos moles e que é fundamental na proteção desta região a impactos de baixa velocidade);
- Viscosa (associado às características viscosas dos tecidos moles e que é uma força cintradora de deformação a velocidades elevadas).

Durante uma situação de impacto, estes 3 componentes combinam-se a de forma a evitar a deformação e aparecimento de lesões.

Critério para análise de potenciais lesões torácicas e abdominais

- VC – *Viscous Criterion*

O critério de viscosidade é o produto entre a compressão relativa às costelas e o tórax e a velocidade de compressão das mesmas.



O VC é calculado pela seguinte expressão:

$$VC = V(t) \times C(t) = \frac{dD(t)}{dt} \times \frac{D(t)}{D}$$

Sendo,

V(t)- velocidade de compressão (m/s)

C(t)- é a função de compressão instantânea

D- espessura do tórax

Simulações feitas em animais e cadáveres demonstraram que para um valor constante de compressão máxima, o nível de lesão será maior para maiores velocidades de compressão. Esta constatação é observada para impactos laterais, frontais e abdominais.

Na norma EN 1317 UNE 135900 – 1:2003 os ensaios são realizados a uma velocidade de 6,67 m/s, ou seja, 60 km/h, o que torna os efeitos de compressão e de energia cinética muito importantes para o apuramento das lesões. Os limites biomecânicos estabelecidos para a homologação das guardas de segurança predem-se, então com a compressão máxima das costelas e com o critério de viscosidade.

Os valores de referência, segundo a norma EN 1317 UNE 135900 – 1:2003, são representados no seguinte quadro como critério de aceitação à homologação das guardas em testes padrão para as lesões no tórax:

Quadro 5.4 – Valores limite para lesões no tórax segundo a EN 1317 UNE 135900 – 1:2003

Nível	Tórax	
	Compressão máxima (mm)	Vcmáx (m/s)
I - 500	22	0,32
II - 1000	42	1



Estabelecidos que estão os critérios para aceitação da homologação das guardas de segurança para os fabricantes é importante voltar a referir que estes testes realizados para a norma são feitos a uma velocidade padrão de 60 km/h e a um ângulo de impacto com a guarda de 60°. Como se sabe, os motociclistas andam a velocidades muito superiores a 60 km/h, e a essas velocidades superiores, será que as saias metálicas servirão para ajudar a salvar a vida de um motociclista acidentado? Esta é uma questão muito ambígua e provavelmente não terá resposta.

5.3. Eficácia das Guardas de Segurança

A melhor forma de verificar a eficácia ao despiste das guardas de segurança com dispositivos de proteção para motociclista, é sem dúvida o acesso a testemunhos reais de motociclistas ou familiares de motociclistas que por alguma razão ou outra já se viram diretamente ou indiretamente envolvidos em acidentes deste tipo. Outra fonte de pesquisa e de mais fácil acesso serão os meios de comunicação social, sendo que nesta apenas se conseguiram obter as notícias de índole mais negativa.

A FEMA [26] entrevistou **247** pessoas entre 2009 e Janeiro de 2012 sendo que umas foram vítimas e outras familiares de vítimas que sofreram lesões ou morreram em embates contra guardas de segurança.

As informações fornecidas incluem causas de acidente, idade da vítima, tipo de guarda de segurança, velocidade e lesões corporais sofridas.

Dessas entrevistas foram obtidos os seguintes dados:

- **124 acidentes** tiveram testemunho das vítimas (51% lesões graves) e 123 por familiares/amigos das vítimas (lesões graves (30%) e mortal (53%)). Familiares/Amigos tem mais dificuldade em relatar pequenos ferimentos, tendem apenas a dar conhecimento de lesões graves ou mortais, que tem um enorme impacto em suas vidas.
- **100** casos de ferimentos graves foram relatados. Os casos mais comuns incluem amputação traumática (com membros decepados durante o impacto ou danificados além da recuperação, sendo necessária amputação cirúrgica), lesões na coluna vertebral (causando muitas vezes deficiências permanentes), ferimento ou danificação de órgãos internos (magoando ou perfurado os pulmões, baço,



pâncreas, bexiga, rim) e múltiplas fraturas expostas. Fraturas dos membros inferiores são comuns, muitas vezes envolvendo as duas pernas.

- Em vários casos as vítimas sofreram fraturas, membros rasgados ou amputação imediata após o impacto de um ou vários membros com o prumo.
- Dos 65 acidentes fatais declarados, 45 são relatados para ter ocorrido devido ao impacto sobre os prumos das guardas de segurança (69%), e 24 na própria guarda de segurança (alguns acidentes fatais tem contribuição do prumo e das próprias guardas simultaneamente). 61 mortes aconteceram após o impacto com uma barreira de metal simples ou uma barreira de madeira simples – Estes dois tipos de guardas de segurança, são responsáveis por 94% das lesões fatais. As causas mais comuns de morte na sequência impacto são amputação traumática do membro ou dano grave, decapitação, trauma interno (incluindo pulmões furados causadas por costelas partidas), hemorragia e traumatismo craniano.
- Apenas 1 acidente é relatado por ter envolvido uma barreira de cabo, causando uma amputação traumática letal.
- 13 acidentes foram por impacto com guardas de segurança com saias de proteção, 10 não provocaram mais que ferimentos leves (abrasão, contusão, fraturas simples). Em apenas dois casos de lesões mais graves foram relatados (fraturas expostas, traumatismo craniano, lesões de órgãos internos), mas segundo os entrevistados um impacto sobre uma barreira de metal simples ao invés destas certamente teria sido letal. Não foram registados acidentes mortais com esses tipos de sistemas de retenção.
- Em contraste, a maioria dos acidentes (216 em 247) ocorreram em barreiras de metal ou de madeira com prumos desprotegidos e com intervalos regulares. São estes os que podem causar lesões mais graves.

- Amputações traumáticas e outras lesões graves são relatadas em velocidades de impacto não superior a 30 km/h. Impactos em velocidades relatados de 50 km/h ou mais podem causar ferimentos graves ou letais, com muito poucos casos de ferimentos leves. Dos 160 acidentes com velocidades acima de 50km/h, 26 conduziram a ferimentos leves, 73 a lesões graves e 49 mortes.

A nível nacional, os jornais diários, por vezes fazem algumas matérias com este tipo de acidentes [27].

Um dos casos mais mediáticos que aconteceram ultimamente, envolvendo um motociclista e um *rail* de proteção, aconteceu numa corrida de *Speedway* na Polónia, onde o piloto britânico Lee Richardson perdeu o controlo da sua mota e embateu com violência nos *rails* de proteção da pista. O piloto ainda se dirigiu para o hospital, mas faleceu devido a inúmeras hemorragias internas. Apesar de estas guardas de segurança não serem as mesmas que encontramos nas estradas e as velocidades praticadas neste tipo de competições seja excessivo, não se pode deixar em claro e não deixa de ser um exemplo para todos os condutores que até mesmo os profissionais falham quando sujeitos a altas velocidades.

Figura 5.9 – Grave acidente de Lee Richardson, na Polónia



Em Dezembro de 2011, uma motociclista embateu na traseira da roda de um amigo, que com ele fazia uma viagem na EN 108, tendo sido este projetado 20 metros e embatido com a cabeça, que se encontrava protegida com o capacete numa guarda de



proteção. Este condutor teve morte imediata. O amigo, com quem este embateu, ficou gravemente ferido.

Em Setembro de 2011, um motociclista, ficou ferido com gravidade, junto a umas bombas de gasolina no IC19, aquando o embate num *rail* de proteção. Uma perna foi-lhe amputada. Esta guarda de segurança, na qual aconteceu impacto, aproxima-se mais dos critérios definidos pela norma EN 1317 UNE 135900 – 1:2003.

Em 2007, um motociclista que seguia acompanhado, teve um despiste, terá deslizado pela estrada e embateu com a cabeça na guarda de segurança, tendo falecido por fratura da coluna cervical. Testemunhas garantem que o motociclista não ia a velocidade excessiva.

Todas estas notícias são trágicas, e é apenas isso que é realmente notícia nos meios de comunicação social, mas é de notar, que na pesquisa pelo jornal diário online português [27] foram encontrados muito poucas notícias de acidentes envolvendo veículos de duas rodas e guardas de segurança, num período de 5 anos, e é exatamente durante estes últimos 5 anos (talvez um pouco mais) que corresponde a uma inclusão massiva dos já falados DPM's, para as guardas de segurança em Portugal. Estes dados levam-me a querer que as guardas de segurança melhoraram e muito as condições de segurança e bem-estar dos motociclistas em caso de acidente.

Neste caso, resta esperar que os motociclistas sejam conscientes e cumpridores ao máximo da Lei, utilizem todos os objetos de segurança ativa que terão a seu dispor, para que, em caso de acidente, estes sejam mais uma componente a seu favor para salvaguardar a sua vida.



6. Conclusões e Recomendações

A presente dissertação constitui uma contribuição para a análise de um tema tão importante para a segurança rodoviária, na qual se insere o uso das guardas de segurança com Dispositivos de Proteção para Motociclistas, as suas características e o seu grau de eficácia.

Foram focados e explorados vários pontos entre os quais:

- Sinistralidade rodoviária, mais concretamente em relação aos acidentes com veículos de duas rodas;
- Características das guardas de segurança com e sem dispositivo de proteção para motociclistas
- Análise de custo-benefício das guardas com dispositivos de proteção para motociclistas;
- Lesões mais frequentes resultantes do embate de um motociclista com guardas de segurança;
- Avaliação de critérios de homologação das guardas.

A análise de dados de acidentes rodoviários de 2000 a 2010 permitiu verificar que a segurança rodoviária em Portugal teve uma evolução muito positiva, onde sobressaem os seguintes aspetos:

- O número de acidentes rodoviários com vítimas diminuiu cerca de 19,8%;
- O número de vítimas mortais teve uma diminuição de 54,5%
- O número de vítimas mortais envolvendo veículos de duas rodas teve uma diminuição de 52,5%.

Outro aspeto observado refere-se ao tipo de acidente mais frequente nos veículos de duas rodas que são as colisões com obstáculos envolventes à via ou outros veículos, sendo que, segundo o quadro 4 no 2º capítulo, o impacto com guardas de segurança é um dos tipos de colisão mais frequente mas não é dos mais letais. Aqui pressupõe-se que não foram apenas contabilizados acidentes envolvendo veículos de duas rodas.

A nível europeu verifica-se uma tendência contrária a Portugal em relação aos veículos de duas rodas pois a taxa de mortalidade em acidentes envolvendo veículos de



duas rodas continua a aumentar gradualmente. Nessa mesma análise verifica-se que os países do Norte da Europa são os que tem menor taxa de mortalidade em acidentes desse tipo e, conseqüentemente são um modelo de civismo e segurança rodoviária a seguir pelos outros países europeus.

As guardas de segurança foram durante longos anos apenas dimensionadas para veículos ligeiros com carroceria. Com o passar dos anos e havendo um aumento gradual dos utilizadores de veículos de duas rodas e conseqüentemente de mais acidentes envolvendo esse meio de transporte, o que traduziu num aumento do número de vítimas mortais de motociclistas, surgiu a necessidade de encontrar soluções para que essas fatalidades fossem contrariadas. Para esse efeito foram criados os Dispositivos de Proteção para Motociclistas (DPM).

Estes DPM têm como principal objetivo proteger os motociclistas de impacto com prumo das guardas de segurança e não deixar o seu corpo passar por debaixo da guarda em situações de quedas altas. Ao contrário das guardas de segurança convencionais, estes DPM não contém teste padrão normalizado pela EN 1317, e por isso a sua instalação não é obrigatória nas vias dos diversos estados europeus.

Para uma melhor análise da viabilidade da utilização de DPM deverá ser efetuada uma análise de custo-benefício nos locais a instalar este tipo de equipamento.

Os custos associados a estes equipamentos são geralmente, de instalação, manutenção e reparação após impacto e o custo do acidente (variando consoante a gravidade do mesmo).

Por outro lado, os benefícios que estão presentes na instalação destes equipamentos são os seguintes:

- Redução em larga escala da severidade das lesões dos motociclistas;
- Ao reduzirem a severidade das lesões, os custos relativos aos acidentes é menor.

Avaliando os investimentos efetuados na área da segurança rodoviária, em moldes em tudo idêntico à análise custo-benefício, tal como desenvolvida no capítulo 4, e com os dados disponíveis, é revelado, ainda que de uma forma teórica que o valor do benefício associado à introdução de DPM é maior que o valor do custo do investimento efetuado, pelo que se pode afirmar que o ambiente rodoviário está mais favorável e



seguro à circulação de veículos de duas rodas e que numa avaliação custo-benefício existem vantagens económicas associadas á introdução de DPM's. É importante referir que para além dos custos associados ao investimento também tem de ser tidos em conta os custos de manutenção e reparação das guardas de segurança.

Também no domínio da avaliação da eficácia dos Dispositivos de Proteção para Motociclistas ao despiste, procurou-se explicar no capítulo 5 quais são principais lesões que ocorrem aquando o impacto dum motociclista com uma guarda de segurança.

Algumas instituições rodoviárias como é o caso da LIER, DEKRA e CIDAUT, desenvolveram ensaios padrão, baseados em critérios de lesões biomecânicas, como é o caso de lesões na cabeça, pescoço, tórax e abdómen, que serviram com ajuda de dummies projetados com um determinado ângulo e velocidade de impacto, para homologar e comercializar os DPM, sendo que neste caso concreto o tipo de dispositivo em estudo são as saias metálicas.

O critério de homologação das guardas de segurança é um processo muito cuidado, onde são testados vários tipos de simulações, com velocidades de impacto de 60 km/h e ângulos de impacto de 60° sendo que, ainda assim, deveriam ser testados mais cenários do que os homologados na EN 1317 UNE 135900 - 1:2003, com a modificação de parâmetros como a velocidade de embate, ângulo e ponto de impacto de maneira a projetar as estruturas mais polivalentes e assim adequarem-se a um maior leque de acidentes.

Há que dizer, tal como era expectável que o uso destes dispositivos é favorável aos motociclistas, como é referido, aliás, na análise de custo/benefício. Ao invés disso não é totalmente certo que o investimento neste tipo de sistemas seja economicamente viável, apesar da análise efetuada e dos condicionamentos já explicitados quanto às premissas utilizadas. Isto porque não existem dados bibliográficos suficientes da totalidade de acidentes entre um motociclista e uma guarda de segurança e a respetiva gravidade, para que essa análise seja feita com toda a convicção, referindo mesmo que este seja um tema que precisa de uma melhor abordagem por parte das autoridades rodoviárias nacionais e de laboratórios de investigação.

Acontece que no geral, os acidentes envolvendo veículos de duas rodas e a gravidade dos mesmos tem vindo a diminuir ao longo do tempo, principalmente a partir



da incorporação desses sistemas nas estradas portuguesas, o que dá sustentação quanto aos benefícios destes DPM.

No entanto, para um melhor e mais eficaz investimento em DPM, deve proceder-se a um estudo detalhado que conduza a um critério de escolha mais fundamentado, sobre os locais a instalar essas proteções, que tivesse em conta variáveis como os volumes de tráfego, e estatística de acidentes globais e sectoriais com uma associação fundamentada, e correlacionada com as características geométricas da estrada.

Mas, por outro lado, também existem diversos fatores que podem ser tidos em conta por não serem tão abonatórios ao investimento em DPM, como por exemplo:

- A não existência de certezas quanto à relação custo/benefício, a sociedade em geral não pode “pagar” os comportamentos de risco que uma minoria de utilizadores tem aquando inserido na rede rodoviária;
- Ao facto de a EN 1317, que está em vigor desde 2002, não conter uma parte inteiramente destinada a este tipo de proteção rodoviária;
- Países do Norte da Europa, que são modelos de segurança rodoviária e de civismo, têm na sua rede rodoviária, guardas de segurança que podem ser prejudiciais aos motociclistas, mas, no entanto, são os países com menor taxa de mortalidade em acidentes envolvendo estes.

Estes factos dão ainda mais incertezas dos reais benefícios e custos que à utilização dos DPM se referem. É importante alertar que os motociclistas com todas as vulnerabilidades que lhes são inerentes devam conhecer os seus limites e serem os mais respeitadores possíveis do Código da Estrada, pois o civismo é um dos pilares para que não aconteçam problemas de maior pelas estradas de todo o Mundo.

Sendo assim, e para uma melhor e mais eficaz utilização dos DPM, ficam as seguintes recomendações, elaboradas com base no estudo que foi feito através desta Dissertação:

- Necessidade de haver mais estudos aprofundados para revelar a importância destes equipamentos para os motociclistas. Por exemplo, oferecer bolsas de estudo universitárias para, com mais rigor, conhecer as características dos acidentes que envolvem a colisão de um motociclista com uma guarda de



segurança. Quem projeta infraestruturas deve conter todos os dados necessário para que a sua decisão seja a mais adequada;

- Mesmo que não existam os dados necessários (estatística de acidentes envolvendo veículos de duas rodas com guardas de segurança) para definir os locais a instalar as guardas de segurança com DPM, devem ser conhecidas as estradas que têm mais tráfego deste tipo e os locais mais perigosos das mesmas (curvas apertadas ou locais com risco de quedas de grande altura) para que sejam instalados estes equipamentos, que como foi comprovado no capítulo 5, minimizam o risco de morte aquando existe um impacto nas mesmas;
- Os projetos de implementação destes equipamentos devem conter uma análise prévia dos custos-benefícios que estes traduzirão em particular aos motociclistas e á sociedade em geral, sem nunca descurar os outros utilizadores da via, isto para mostrar que estes projetos são viáveis e que não prejudicam os utilizadores de outros veículos;
- Por fim, reafirmar que são necessários novos e mais variados testes de impacto entre motociclista e guardas de segurança, para que o DPM concebido consiga evitar danos de maior para um maior número de situações que possam ocorrer;
- Todas estas considerações só serão viáveis e atendíveis se a norma jurídica que hoje prevalece, for alterada, permitindo que análise e o critério de escolha seja aberto a outras variáveis, como as que se explicitaram.



7. Referências

- [1] Sítio oficial da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária – Dados de Sinistralidade
- [2] Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, *La sécurité routière en France: Bilan de l'année 2009*, Paris, 2009
- [3] Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Sinistralidade Rodoviária – “2 rodas” a motor, 2010
- [4] Mendes, Ricardo, *Análise Psicológica – Ansiedade nos motociclistas*, 2005
- [5] ACEM, *MAIDS In-depth investigation of accidents involving powered two wheelers*. Association of European Motorcycle Manufacturers, Final Report 2.0. Bruxelas.
- [6] Federation of European Motorcyclists Associations, *A European Agenda for Motorcycle Safety - The Motorcyclists' Point of View*. Bruxelas 2007
- [7] William Haddon, 1970
- [8] LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), *Estudos relativos ao equipamento de segurança da estrada – 2º relatório*. Lisboa, 1979
- [9] InIR, *Sistemas de Retenção Rodoviária de Veículos. Recomendações para Seleção e Colocação 2010*. Lisboa, 2010.
- [10] Centro Rodoviário Português, *2º congresso rodoviário português - As vias de Segurança – Volume I*. Lisboa, 2002.



- [11] Federation of European Motorcyclists Associations, *How to improve road infrastructure through user-driven policies: the case of motorcyclist-friendly road restraint systems*. Bruxelas, 2011.
- [12] Highways Agency, *Design Manual for Roads and Bridges - Requirement for Road Restraint Systems*, Volume 2 Section 2. Londres, 2006.
- [13] UNIZAR (Universidad de Zaragoza) - Smart Road Restraint Systems, *Innovative Concepts for smart road restraint systems to provide greater safety for vulnerable road users*. Zaragoza, 2012.
- [14] Highways Agency, *Whole Life Cost-Benefit Analysis for Median Safety Barriers - Executive Summary*. Londres, 2010.
- [15] VIAPOR Equipamentos e Serviços LDA.
- [16] Centro de Formação Profissional da Reparação Automóvel, *Segurança Rodoviária I*. Lisboa, 2007.
- [17] Strassenentwurf.elcms.de
- [18] Elvik, Rune, *Cost-benefit analysis of new standards for guard rails in Norway*. Oslo, 2001.
- [19] Anderson, C., Dua, A. & Sapkota, J., *Motorcycle safety barrier trials in South Australia: Case study – Adelaide Hills, Australasian College of Road Safety Conference – “A Safe System: Expanding the Reach”*. Sydney 2012.
- [20] Instituto Superior Técnico, *Projeto MRRA – Motards, rails e reconstituição de acidentes*. Lisboa.
- [21] LIER, *Laboratoire d'essai Inrets Equipements de la Route, Motorcyclist Protection*. Lyon St-Exupéry Aéroport.



- [22] **Monteiro da Silva, R., Sousa,** *Modelos para a simulação de impacto entre motociclistas e barreiras, Dissertação para atribuição do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.* Lisboa : IST, 2007.
- [23] McHenry, Brian G., *Head Injury Criterion and the ATB - ATB Users Group,* 2004.
- [24] Mertz, H.J., *Injury Assessment Values Used to Evaluate Hybrid-III Response Measurements,* GMC, NHTSA Doc. VSG2284 Part III, Attachment I, Enclosure 2, Michigan 1990.
- [25] International Research Council on the Biomechanics of Impact, *Future Research Directions in Injury Biomechanics and Passive Safety Research.* Bron, Maio 2006.
- [26] Federation of European Motorcyclists Associations, *Man vs. Rail: the human cost of dangerous road infrastructure.* Bruxelas, 2012.
- [27] Edição online do jornal diário Correio da Manhã - www.cmjornal.xl.pt



8. Bibliografia/Webgrafia

Monteiro da Silva, R., Sousa, *Modelos para a simulação de impacto entre motociclistas e barreiras, Dissertação para atribuição do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.* Lisboa : IST, 2007.

Centro Rodoviário Português, *2º congresso rodoviário português - As vias de Segurança – Volume I.* Lisboa, 2002.

LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), *Estudos relativos ao equipamento de segurança da estrada – 2º relatório.* Lisboa, 1979.

Sítio do Instituto de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Técnico (<http://www1.dem.ist.utl.pt>)

Sítio oficial da revista de motociclismo (<http://www.motociclismo.pt>)

Sítio oficial da Federação de Motociclismo de Portugal (<http://www.fmportugal.pt>)

Sítio oficial da Federação das Associações de Motociclistas Europeus (<http://www.fema-online.eu/>)

Sítio oficial da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (<http://www.ansr.pt>)

Sítio oficial da Metalocar – Industria Metalomecânica (<http://www.metalocar.pt>)

Sítio oficial da VIAPOR, Equipamentos e Serviços LDA (<http://www.viapor.com.pt>)

Sítio oficial da MAIDS (<http://www.maids-study.eu/>)

Sítio oficial da UNIZAR – Universidade de Zaragoza (www.unizar.es)

Sítio oficial da Federação de Estradas Europeias (<http://www.erf.be>)



Sítio oficial do Instituto de Autoestradas do Reino Unido – Departamento de Transportes (<http://www.dft.gov.uk>)

Sítio oficial da LIER, *Laboratoire d'essai Inrets Equipements de la Route, Motorcyclist Protection* (<http://www.lier.fr>)

Sítio oficial do Conselho Europeu de Segurança Rodoviária (<http://www.etsc.eu>)