

DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLO DE VELOCIDADE EM VIAS URBANAS

TIAGO MANUEL OLIVEIRA DA SILVA

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

Orientador: Professor Doutor Américo Henrique Pires da Costa

JULHO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que me ajudaram e contribuíram para a realização deste projecto, em especial à empresa Soltráfego e ao Engenheiro Luís Martinho que sempre se mostrou extremamente disponível, colaborando com entusiasmo neste projecto, e ao Orientador Professor Doutor Américo Henrique Pires da Costa que me incentivou e guiou com todo o seu conhecimento, durante todo o projecto, sempre com total disponibilidade.

RESUMO

Este projecto é sobre Sistemas de Controlo de velocidade e sua aplicação. Inicialmente são tratados assuntos relacionados com o tema principal, como a problemática da velocidade excessiva, suas causas, consequências e relevância em Portugal. São abordadas também, as medidas de acalmia de tráfego, como forma de atenuar a velocidade excessiva.

Sendo uma das formas de reduzir a velocidade, os sistemas de controlo de velocidade são abordados com algum detalhe no capítulo seguinte, com particular incidência para os sistemas de controlo de velocidade instantânea e média. Outras questões também referidas são, a definição dos critérios para a instalação de um sistema de controlo de velocidade, e a avaliação da eficácia deste tipo de sistemas.

No terceiro capítulo, é analisada detalhadamente a configuração a aplicação de um sistema de controlo de velocidade média. Essa análise passa pela definição de parâmetros como, o tempo de amarelo, o tempo de vermelho, a zona de detecção, entre outros. É feita uma caracterização do aparelho de medição das velocidades, o radar, e com essas características, é definida a configuração que terá melhor desempenho, e seu respectivo custo.

Posteriormente são analisadas as dificuldades de ajustar as características do radar à configuração desejada, e as vantagens e desvantagens da solução obtida comparativamente com as soluções habitualmente adoptadas.

PALAVRAS-CHAVE: velocidade excessiva, sistemas, controlo, radar doppler, avaliação.

ABSTRACT

This project is about Speed Enforcement Systems and its applications. First are addressed subjects related to the primary theme, the problematic of excessive speed, its causes, consequences and relevance in Portugal. The measures to calm traffic are also addressed as a way of reducing excessive speed.

Being one of the implemented mechanisms of reducing speed, the speed enforcement systems are described with more details in the second chapter, with a particular incidence in the instant and average speed enforcement systems. Also relevant is the definition of the criteria to correctly install a speed enforcement system and the evaluation of its effectiveness.

In the third chapter, the application and configuration of an average speed enforcement system is thoroughly examined. This analysis involves the definition of parameters such as the time of yellow, the time of red and the detection zone, among others. The speed measurement unit, the radar, is analysed and with its characteristics the most effective configuration and its costs are determined.

In the end, the difficulties of adjusting the radar characteristics to the desired configuration are examined and the advantages and disadvantages of the obtained solution, in comparison with the solutions usually implemented.

KEYWORDS: excessive speed, systems, enforcement, doppler radar, evaluation.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. METODOLOGIA USADA PARA A REALIZAÇÃO DESTE PROJECTO	1
1.2. VELOCIDADE EXCESSIVA	1
1.2.1. CAUSAS	2
1.2.2. CONSEQUÊNCIAS	2
1.2.2.1. Peões	3
1.2.3. PORQUE RAZÕES SE DEVE LIMITAR A VELOCIDADE	4
1.2.4. VELOCIDADE EXCESSIVA EM PORTUGAL	5
1.3. ACALMIA DE TRÁFEGO	7
1.3.1. OBJECTIVOS	8
1.3.2. CLASSIFICAÇÃO DAS MEDIDAS DE ACALMIA DE TRÁFEGO	8
1.3.2.1. Alterações nos alinhamentos horizontais.....	8
1.3.2.2. Alterações nos alinhamentos verticais.....	8
1.3.2.3. Medidas Compostas de Elementos Verticais e Horizontais.....	9
1.3.2.4. Outras Medidas	9
1.3.2.5. Medidas complementares	9
1.3.3. MEDIDAS COM MAIOR EFEITO NA REDUÇÃO DA VELOCIDADE	9
2. SISTEMAS DE CONTROLO DE VELOCIDADE	11
2.1. METODOLOGIAS E EQUIPAMENTOS DE DETECÇÃO	11
2.1.1. EQUIPAMENTOS	11
2.1.1.1. Espiras.....	11
2.1.1.2. Radar.....	11
2.1.1.3. Laser.....	12
2.1.1.4. Medição aérea.....	12
2.1.2. METODOLOGIAS.....	12
2.1.2.1. Sistemas controladores da velocidade média	12

2.1.2.2. Sistemas controladores da velocidade instantânea	17
2.1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DOIS MÉTODOS.....	21
2.2. CRITÉRIOS PARA A INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE VELOCIDADE.....	21
2.3. AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO SISTEMA	22
2.3.1. CRITÉRIOS.....	22
2.3.2. EQUIPAMENTO	23
3. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE VELOCIDADE.....	25
3.1. METODOLOGIA APLICADA	25
3.2. CARACTERÍSTICAS DA VIA.....	25
3.3. DEFINIÇÃO DA ZONA DE DETECÇÃO E TEMPOS DE AMARELO E VERMELHO	25
3.3.1. DISTÂNCIA DE PARAGEM.....	25
3.3.2. TEMPO DE REACÇÃO	26
3.3.3. TEMPO DE AMARELO.....	27
3.3.4. TEMPO DE VERMELHO	27
3.3.5. ZONA DE DETECÇÃO.....	27
3.4. CONFIGURAÇÃO DO RADAR	31
3.4.1. ÂNGULOS TEÓRICOS	31
3.4.2. VIA FALCON BASIC.....	31
3.4.2.1. Medição da velocidade.....	32
3.4.2.2. Alcance do feixe	32
3.4.2.3. Diagrama da antena	32
3.4.2.4. Intervalo de velocidades detectadas e precisão.....	33
3.4.2.5. Ângulo de montagem.....	33
3.4.2.6. Parâmetros a configurar no radar.....	34
3.4.2.7. Efeito da chuva	35
3.4.3. CONFIGURAÇÃO DO VIA FALCON BASIC NO SISTEMA PRETENDIDO	35
3.4.3.1. Dados a introduzir no radar	36
3.4.4. ZONA DE DETECÇÃO ESTIMADA	37
3.5. TEMPO DE VERDE MÍNIMO.....	38
3.5.1. CÁLCULO DO TEMPO DE VERDE MÍNIMO	38
3.5.2. DISTÂNCIA A QUE SE DEVEM EFECTUAR A CONTAGEM.....	39

3.5.3. EQUIPAMENTO	40
3.6. EQUIPAMENTO E CUSTO	40
3.7. ANÁLISE DA SOLUÇÃO ADOPTADA	41
3.7.1. ANÁLISE RELATIVA À ZONA DE DETECÇÃO	41
3.7.2. ANÁLISE RELATIVA AO POSICIONAMENTO DO RADAR	43
3.7.3. ANÁLISE COMPARATIVA COM SOLUÇÕES HABITUALMENTE ADOPTADAS	43
4. CONCLUSÃO	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1 – Efeito de Túnel	3
Fig.1.2 – Velocidade versus probabilidade de morte dos peões	4
Fig.1.3 – Velocidade de impacto com um peão versus velocidade do veículo	4
Fig.1.4 – Vítimas Mortais, 2007.....	5
Fig.1.5 – Feridos graves, 2007.....	6
Fig.1.6 – Evolução do número de vítimas entre 2000 e 2007	6
Fig.2.1 – Sistema de controlo de velocidade média	13
Fig.2.2 – Fluxograma representativo do sistema de controlo de velocidade média.....	14
Fig.2.3 – Segunda versão do sistema de controlo de velocidade média	15
Fig.2.4 – Fluxograma da segunda versão do sistema de controlo da velocidade média.....	16
Fig.2.5 – Sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a espiras.....	17
Fig.2.6 – Sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a radar	18
Fig.2.7 – Fluxograma representativo do sistema de controlo da velocidade instantânea.....	18
Fig.2.8 – Segunda versão do sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a espiras.....	19
Fig.2.9 – Segunda versão do sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a radar	19
Fig.2.10 – Fluxograma representativo do sistema de controlo da velocidade instantânea com tempo mínimo de verde.....	20
Fig.2.11 – Curva de distribuição normal	22
Fig. 3.1 – Distância percorrida e distância de paragem.....	29
Fig. 3.2 – Eliminação da zona de dilema	30
Fig. 3.3 – Ângulos teóricos do radar	31
Fig. 3.4 – Diagrama da antena 12°x17°	33
Fig. 3.5 – Ângulo de montagem (nominal measurement angle)	34
Fig. 3.6 – Detecção de uma gota de chuva	35
Fig. 3.7 – Ângulos de detecção horizontal (12°) e vertical (17°).....	36
Fig. 3.8 – Zona de detecção estimada.....	37
Fig. 3.9 – Corte transversal estimado da via, a 40 metros de distância do radar.....	38
Fig. 3.10 – Filas de espera.....	39
Fig. 3.11 – Método de contagem de veículos usado na Trafica	40
Fig. 3.12 – Distância percorrida, distância de paragem e novos limites da zona de detecção	42
Fig. 2 - Legenda Figura 2	4

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 – Risco da velocidade versus risco do álcool em zonas urbanas	3
Quadro 1.2 – Condutores vítimas segundo informações complementares	5
Quadro 1.3 – Vítimas entre 2000 e 2007	6
Quadro 1.4 – Limites de velocidade em Portugal	7
Quadro 3.1 – Distância percorrida e distância de paragem.....	28
Quadro 3.2 – Erros de medição	33
Quadro 3.3 – Equipamento e custos.....	41

INTRODUÇÃO

1.1. METODOLOGIA USADA PARA A REALIZAÇÃO DESTE PROJECTO

A primeira fase deste projecto centrou-se na pesquisa acerca da velocidade excessiva. Utilizando sobretudo a internet como ferramenta, procurei perceber qual a importância e consequências que a velocidade excessiva tem, tanto em termos de efeitos, como em termos de sinistros, e enquadrar a problemática em Portugal.

O passo seguinte foi compreender de que modo a velocidade excessiva pode ser combatida, e que tipo de sistemas são utilizados para o fazer. Estudei ao pormenor dois tipos de sistemas analisados numa tese de 1998, um baseado no controlo da velocidade média e outro no controlo da velocidade instantânea.

Estudados os dois sistemas e escolhido o sistema a aplicar, procurei adaptá-lo à tecnologia actual, os radares. Para isso contei com o apoio da empresa Soltráfego que me deu acesso aos equipamentos utilizados na empresa, e me explicou as configurações e procedimentos usados habitualmente neste tipo de aplicações. Foi também importante perceber através dos contactos com a Soltráfego que entidades requerem este tipo de serviços e porquê. O contacto permanente com a empresa foi determinante na realização deste projecto.

Escolhidos os equipamentos que melhor serviam o sistema, comecei a estudar a configuração a aplicar. Foi necessário um estudo pormenorizado do funcionamento do radar para perceber as suas capacidades e limitações, de forma a obter a melhor configuração possível.

Finalmente, depois de definida a configuração e os equipamentos a utilizar, estimei, também com o apoio da Soltráfego, os custos que uma instalação deste tipo implica.

1.2. VELOCIDADE EXCESSIVA

A velocidade de um veículo pode ser considerada excessiva, sempre que coloca em causa a segurança dos seus ocupantes e de todos os intervenientes no ambiente circundante. O limite que determina a insegurança de uma velocidade praticada por um determinado veículo, depende de factores como:

- O estado e tipo de via;
- O ambiente em que esta se insere;
- O estado de conservação e características do veículo;
- As aptidões, estado físico e psicológico do condutor.

1.2.1. CAUSAS

Algumas das razões que levam um condutor a praticar velocidades excessivas podem estar relacionadas com comportamentos típicos do ser humano como o gosto que este sente pelo risco e adrenalina, associado à falsa sensação de controlo total da máquina. Este tipo de comportamentos são bastante complexos estando por isso fora do âmbito deste projecto.

A falta de sensibilização para as consequências da velocidade excessiva, assim como por vezes a falta de civismo, podem ser apontadas como outras possíveis razões.

O consumo de álcool e drogas está também directamente relacionado com esta problemática. Um dos primeiros efeitos do álcool é o frequente estado de euforia, sensação de bem estar e de optimismo, com a conseqüente tendência para sobrevalorizar as próprias capacidades, quando, na realidade, estas já se encontram diminuídas. A presença de álcool no sangue reduz a acuidade visual, quer para perto, quer para longe e leva à alteração dos contornos dos objectos, quer estáticos, quer em movimento. A visão estereoscópica é prejudicada, ficando o condutor incapaz de avaliar correctamente as distâncias e as velocidades.

A duplicação de actividades, como falar ao telemóvel, reduz substancialmente a atenção do condutor e a noção do perigo, levando-o por vezes a adoptar velocidades excessivas sem se aperceber.

Por último, a falta de adaptação da velocidade a condições meteorológicas como chuva, nevoeiro, gelo e neve, que alteram substancialmente as condições da circulação rodoviária, é outra das causas do excesso de velocidade.

1.2.2. CONSEQUÊNCIAS

Em mais de 100 acidentes já investigados aprofundadamente pelo Núcleo de Investigação de Acidentes do Instituto Superior de Engenharia Mecânica, a velocidade surge como principal factor nos acidentes com vítimas mortais ou feridos graves, em particular em acidentes envolvendo jovens, motociclos ou peões. Igualmente, segundo um relatório das Nações Unidas de 2004, a velocidade é apontada como uma das principais causas de acidentes rodoviários em todo o mundo.

A explicação para estes factos prende-se com consequências directas da velocidade excessiva, que a maior parte dos condutores não tem conhecimento.

Quando a velocidade duplica, as distâncias de travagem quadruplicam, a violência do impacto quadruplica e a probabilidade de sofrer acidentes graves ou fatais aumenta entre 8 e 16 vezes.

A probabilidade de sobrevivência de um peão, passa de 90% se for atropelado a 30 km/h para 0% se for atropelado a 80 km/h.

Quando a velocidade aumenta o campo visual diminui. Este efeito, também chamado efeito de túnel, apresenta sérios riscos em particular em ambiente urbano ou em estrada nacional, em que o condutor deixa de conseguir visualizar outros veículos ou pessoas que se aproximem. Por exemplo tipicamente o ângulo de visão passa de 100 graus a 40 km/h a 30 graus a 130 km/h.

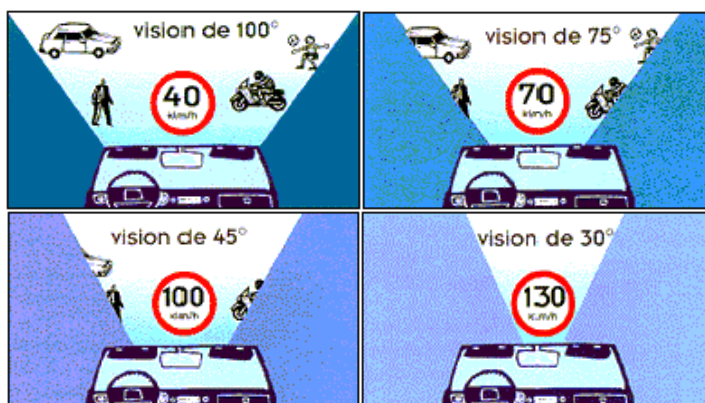


Fig.1.1 – Efeito de Túnel (Instituto Superior Técnico)

Se um condutor a 100 km/h detectar um obstáculo, reagir e travar ficando junto ao obstáculo, a 120 km/h colidirá com o obstáculo a uma velocidade entre 70 e 80 km/h que poderá ter consequências fatais. (Instituto Superior Técnico)

O risco de acidente, em particular em vias urbanas, cresce também exponencialmente com a velocidade, tal como mostra o Quadro 1.1 correspondente a um estudo realizado na Universidade de Adelaide na Austrália em 1997.

Quadro 1.1 – Risco da velocidade versus risco do álcool em zonas urbanas

Velocidade (Km/h)	Risco relativo	Álcool (g/litro)	Risco relativo
60	1,0	0,00	1,0
65	2,0	0,50	1,8
70	4,2	0,80	3,2
75	10,6	1,20	7,1
80	31,8	2,10	30,4

Como se pode verificar, neste estudo concluiu-se que uma velocidade de 80 km/h apresenta um risco de acidente idêntico ao de circular com 2.1 g/l de alcoolémia. Na sociedade portuguesa e nas sociedades ocidentais em geral, existe uma condenação social do álcool, mas não da velocidade, o que importa alterar, pois o risco da velocidade é muito importante em particular para os utentes mais vulneráveis da via, que são os peões.

1.2.2.1. Peões

A velocidade é um factor crítico na probabilidade de morte de um peão num atropelamento. A Figura 1.2 representa graficamente a probabilidade de morte versus velocidade de acordo com 3 estudos distintos.

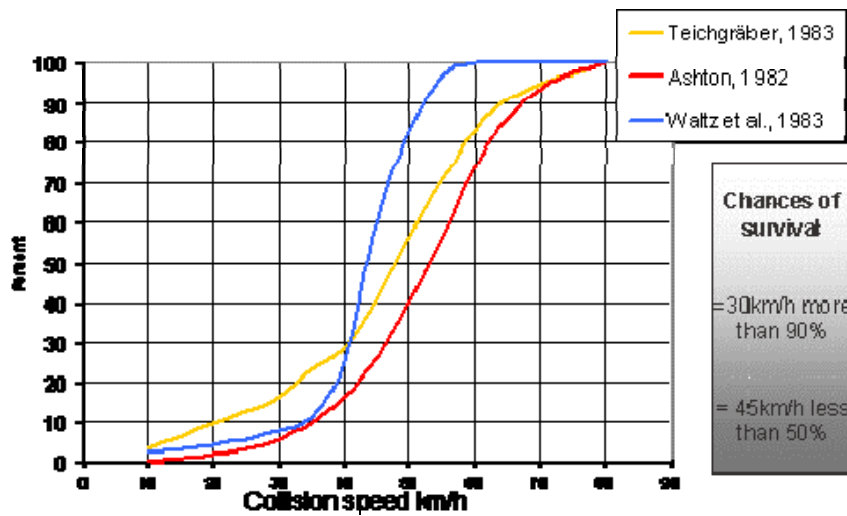


Fig.1.2 – Velocidade versus probabilidade de morte dos peões (Instituto Superior Técnico)

A velocidade de impacto com um peão numa situação de atropelamento, aumenta não proporcionalmente ao aumento de velocidade. Isto deve-se a que as distâncias de travagem aumentam com o quadrado da velocidade, os tempos de reacção aumentam com a velocidade, enquanto que a capacidade de dissipação na travagem é sempre proporcional à distância de travagem.

Speed, Stopping Distance and Impact Speed

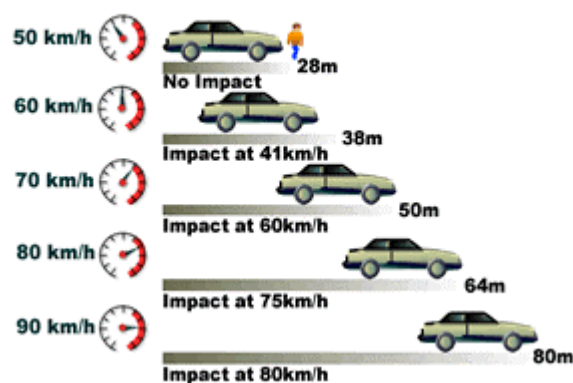


Fig.1.3 – Velocidade de impacto com um peão versus velocidade do veículo (Instituto Superior Técnico)

1.2.3. PORQUE RAZÕES SE DEVE LIMITAR A VELOCIDADE

A existência de limites máximos de velocidade deve-se a algumas das consequências já referidas (o facto de a velocidade excessiva ser a primeira causa de acidentes, e quando se duplica a velocidade praticada, quadruplica a distância de travagem, a violência do choque em caso de colisão, a força centrífuga nas curvas, as exigências de atenção e das capacidades de condução), mas também ao facto de quanto mais próxima for a velocidade dos veículos que circulam no mesmo sentido, maior é a segurança da estrada e a fluidez do tráfego, e porque acima de um certo limite de velocidade, aumenta

a fadiga do condutor, o consumo de combustível, o desgaste dos pneus, travões, e da mecânica do veículo, e a poluição ambiente.

1.2.4. VELOCIDADE EXCESSIVA EM PORTUGAL

Em Portugal, a velocidade excessiva é a principal causa de acidentes, sejam eles com feridos leves, graves ou vítimas mortais como é possível observar no Quadro 1.2 proveniente do Relatório Anual da Sinistralidade Rodoviária do ano de 2007, realizado pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.

Quadro 1.2 – Condutores vítimas segundo informações complementares

	Vítimas mortais		Feridos Graves		Feridos Leves		Total de Vítimas	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
Abertura de porta	0	0	0	0	5	11	5	11
Ausência de luzes quando obrigatórias	2	3	8	5	31	25	41	33
Circulação afastada berma ou passeio	4	3	14	14	131	119	149	136
Desrespeito da sinalização semafórica	3	4	14	13	133	112	150	129
Desrespeito da sinalização vertical	21	21	101	62	956	897	1078	980
Desrespeito distâncias de segurança	1	5	19	11	407	447	427	463
Desrespeito das marcas rodoviárias	4	3	43	26	168	150	215	179
Encandeamento	1	0	12	6	160	160	173	166
Falha mecânica do veículo	2	2	4	2	126	142	132	146
Manobra irregular	28	21	120	88	1123	1050	1271	1159
Não definida	36	27	213	173	3527	3652	3776	3852
Não identificada	266	290	916	926	12137	12919	13319	14135
Não sinalização de manobra	1	0	6	7	92	81	99	88
Obstáculo imprevisto faixa de rodagem	3	1	22	20	500	473	525	494
Queda de carga ou objecto	1	0	2	0	18	10	21	10
Rebentamento de pneumático	0	1	6	10	152	151	158	162
Veloc. exc. para condições existentes	178	150	514	409	5416	4645	6108	5204
Total	551	531	2014	1772	25082	25044	27647	27347

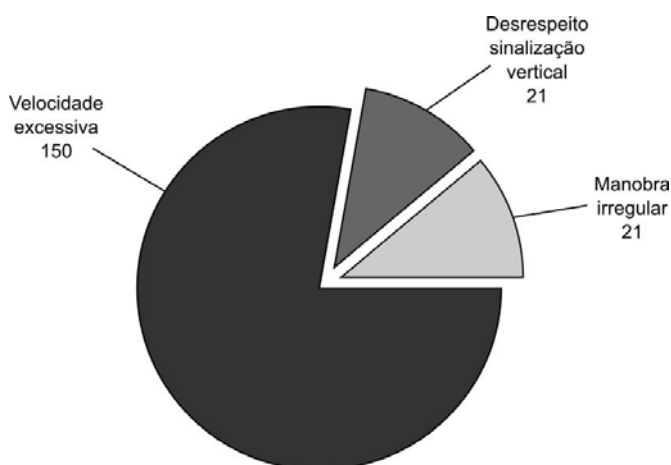


Fig.1.4 – Vítimas Mortais, 2007

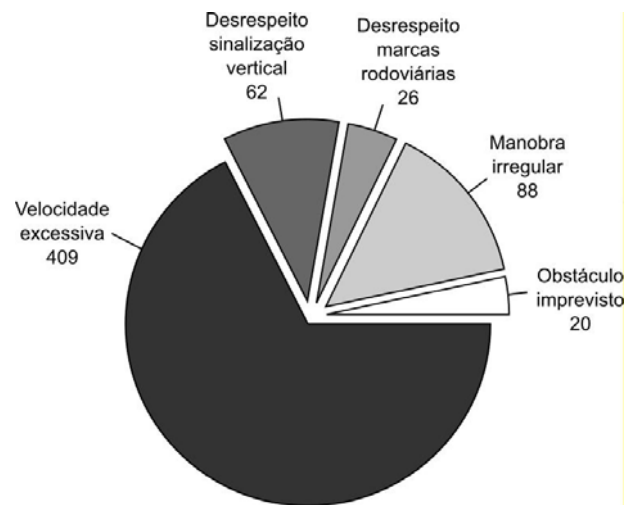


Fig.1.5 – Feridos graves, 2007

A evolução destes números tem sido bastante positiva, sendo o número total de vítimas devido ao excesso de velocidade em 2007 cerca de 30% do verificado em 2000.

Quadro 1.3 – Vítimas entre 2000 e 2007

Ano	Vítimas mortais	Feridos graves	Feridos leves	Total vítimas
2000	555	2101	15046	17702
2001	550	1903	14889	17342
2002	533	1498	14972	17003
2003	514	1515	14508	16537
2004	244	752	7190	8186
2005	225	597	5975	6797
2006	178	514	5416	6108
2007	150	409	4645	5204

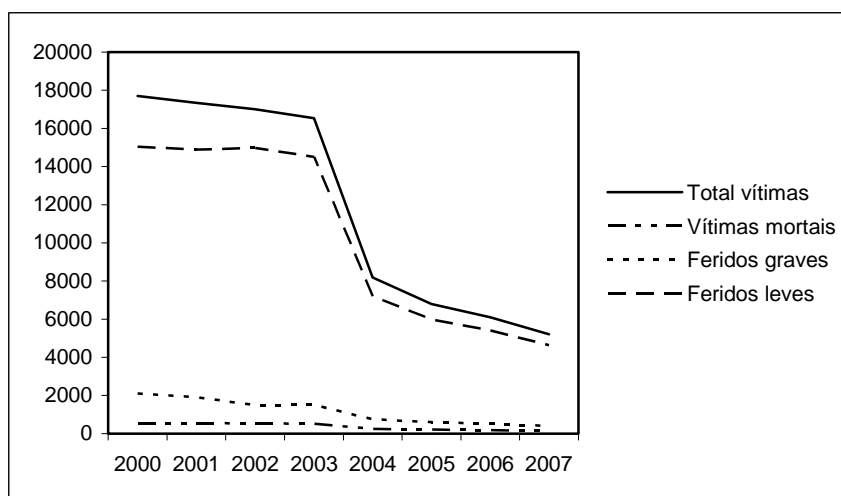


Fig.1.6 – Evolução do número de vítimas entre 2000 e 2007

Portugal tem se distinguido no campo da redução da sinistralidade na europa, tendo inclusivamente recebido um prémio este ano, atribuído pelo Conselho Europeu de Segurança Rodoviária, por ter sido o segundo país que mais reduziu a mortalidade nas estradas, entre 2001 e 2007. Portugal surge em segundo lugar na lista dos países que mais reduziram os números da sinistralidade rodoviária, com uma quebra de 42%, menos um por cento que o primeiro classificado, a França.

Actualmente os limites impostos em Portugal para a velocidade são os indicados no Quadro 1.4.

Quadro 1.4 – Limites de velocidade em Portugal

		Dentro das Localidades	Auto-Estradas	Vias reservadas a automóveis e motociclos	Restantes vias
Ciclomotores e quadriciclos		40	-	-	45
Motociclos	De cilindrada superior a 50 cm ³ e sem carro lateral	50	120	100	90
	Com carro lateral ou com reboque	50	100	80	70
	De cilindrada não superior a 50 cm ³	40	-	-	60
	Triciclos	50	100	90	80
Automóveis ligeiros de passageiros e mistos	Sem reboque	50	120	100	90
	Com reboque	50	100	80	70
Automóveis ligeiros de mercadorias	Sem reboque	50	110	90	80
	Com reboque	50	90	80	70
Automóveis pesados de passageiros	Sem reboque	50	100	90	80
	Com reboque	50	90	90	70
Automóveis pesados de mercadorias	Semreboque ou com semi-reboque	50	90	80	80
	Com reboque	40	80	70	70
	Tractores agrícolas ou florestas	30	-	-	40
	Máquinas agrícolas, motocultivadoras e tractocarros	20	-	-	20
Máquinas industriais	Sem matrícula	30	-	-	30
	Com matrícula	40	80	70	70

1.3. ACALMIA DE TRÁFEGO

As medidas de acalmia de tráfego têm como principal objectivo a minimização dos impactes negativos do tráfego motorizado, impondo a utilização de velocidades moderadas, podendo levar as pessoas a utilizar menos o seu meio de transporte pessoal e a utilizar mais a rede de transportes públicos ou outros meios de transporte, não agressivos, como por exemplo a bicicleta.

As medidas baseiam-se essencialmente na introdução de alterações nos alinhamentos horizontais e verticais dos eixos viários e na superfície das vias, impondo obstáculos físicos à circulação dos veículos com o objectivo de “obrigar” o condutor a adoptar velocidades mais reduzidas. A redução das velocidades praticadas pode ser conseguida apenas através de restrições físicas que provoquem a redução das velocidades, ou conjuntamente com medidas que actuem ao nível psicológico.

Este tipo de medidas são muito utilizadas devido à eficácia que demonstram. A sua aplicação em diferentes países demonstrou que, quando realizadas de forma correcta, estas medidas reduzem a velocidade dos veículos, diminuem o número e a gravidade dos acidentes, diminuem o ruído e a poluição do ar, e melhoram a qualidade de vida das populações, contribuindo igualmente para a qualificação urbana da área a ser tratada e para o aumento generalizado da sensação de segurança nas pessoas.

1.3.1. OBJECTIVOS

Os objectivos genéricos deste tipo de medidas são:

- Reduzir o impacto dos veículos motorizados nas vias locais;
- Criar vias mais seguras e atractivas;
- Criar uma ambiente mais agradável para peões e ciclistas;
- Requalificar o espaço urbano;
- Melhorar a qualidade de vida.
-

Enquanto que os objectivos específicos que se pretendem com este tipo de medidas, são:

- Reduzir a velocidade dos veículos;
- Reduzir o número e a gravidade dos acidentes;
- Reduzir o ruído e a poluição do ar;
- Eliminar/reduzir o tráfego de atravessamento.

1.3.2. CLASSIFICAÇÃO DAS MEDIDAS DE ACALMIA DE TRÁFEGO

1.3.2.1. Alterações nos alinhamentos horizontais

Estrangulamentos: redução da largura das vias, através da criação de alargamentos dos passeios, da construção de reservas para vegetação ou estacionamento, ou da construção de uma ilha no centro da faixa de rodagem.

Gincanas: construídas através da colocação de forma alternada de obstáculos nas bermas das ruas, tais como caixas de vegetação, o que provoca uma deflexão acentuada nas trajetórias dos veículos, implicando assim uma diminuição da sua velocidade.

Estreitamento das entradas das intersecções: extensões dos passeios que diminuem a largura da faixa de rodagem.

Mini-rotundas e rotundas: constituídas por ilhas geralmente circulares, de diâmetro reduzido, colocadas no centro das intersecções para conduzir os condutores a circular em torno delas, levando a uma redução das velocidades e à diminuição dos conflitos entre veículos e peões.

1.3.2.2. Alterações nos alinhamentos verticais

Pré-avisos: podem ser de dois tipos, bandas sonoras ou bandas cromáticas, e caracterizam-se pela repetição, de uma forma variável, de bandas ou faixas transversais à faixa de rodagem tendo como principal função alertar os condutores através do ruído e da vibração que produzem à passagem do veículo, e através do efeito visual.

Lombas: são a medida de acalmia de tráfego mais utilizada até hoje em todo o mundo, pois garantem uma redução muito significativa da velocidade dos veículos.

Plataformas e travessias pedonais sobrelevadas: são lombas alongadas, em que a parte superior é plana e que têm normalmente uma forma trapezoidal. As rampas podem ter forma parabólica, sinusoidal ou circular.

Intersecções sobrelevadas: é essencialmente uma plataforma que abrange todo o interior de uma intersecção, e que é formalizada a um nível muito próximo do dos passeios.

Via ao nível do passeio: é bastante semelhante às plataformas sobrelevadas e às intersecções sobrelevadas, estendendo-se, no entanto, por troços mais extensos dos arruamentos.

1.3.2.3. Medidas Compostas de Elementos Verticais e Horizontais

Em determinadas situações poderá ser necessária a aplicação conjunta e no mesmo local de medidas verticais, como por exemplo uma plataforma elevada associada a um estrangulamento ou a combinação de plataforma elevada e gincana com ou sem estrangulamento.

1.3.2.4. Outras Medidas

Portões Virtuais: é uma medida que actua mais ao nível psicológico, visto induzir no condutor a ideia de entrada num ambiente rodoviário mais urbano, o que pode provocar uma redução da velocidade e uma condução mais cuidadosa. Juntamente com esta medida podem ser utilizadas outras como, sinalização do tipo ‘pré-avisos’ ou ‘bandas cromáticas’; estrangulamento progressivo da faixa de rodagem apenas por alteração da localização da guia delimitadora da berma; introdução de passeios.

Semáforos de Controlo de Velocidade: tem como único objectivo a redução da velocidade dos veículos, sendo geralmente utilizados em vias distribuidoras principais e particularmente em eixos de atravessamento de localidades.

1.3.2.5. Medidas complementares

Estas medidas caracterizam-se essencialmente pela utilização adequada de mobiliário urbano, bem como com a utilização de soluções ao nível das cores e textura dos pavimentos ou da sinalização e da iluminação. Estas soluções reforçam a ideia de prioridade do peão, o que leva à consciencialização e consequente adopção de uma condução mais atenta e cautelosa.

1.3.3. MEDIDAS COM MAIOR EFEITO NA REDUÇÃO DA VELOCIDADE

Apesar de todas as medidas atrás descritas terem um efeito bastante positivo na redução das velocidades, podem destacar-se a utilização das lombas, e de plataformas e travessias pedonais sobrelevadas. Este tipo de medidas apresentam resultados bastante positivos porque se forem transpostas com velocidades altas criam bastante desconforto e, em casos extremos, podem até provocar danos no veículo. São um tipo de medida muito frequente em Portugal. Também a destacar, é a utilização de semáforos de controlo de velocidade, pois tem como único objectivo a redução da velocidade. Este tipo de medida não é aplicável em todos os locais visto que a geometria da via tem de ser adequada. Em troços muito pequenos, ou com curvas muito apertadas, a sua aplicação pode não ser

muito eficaz. Pelo contrário, em troços mais extensos e rectilíneos, quando a sua instalação é bem definida, pode apresentar resultados muito positivos.

2

SISTEMAS DE CONTROLO DE VELOCIDADE

2.1. METODOLOGIAS E EQUIPAMENTOS DE DETECÇÃO

Os diversos sistemas de controlo de velocidade têm todos como base do seu funcionamento duas filosofias distintas. Uma tem como objectivo controlar a velocidade instantânea do veículo e a outra a velocidade média.

A forma como é feito o controlo da velocidade depende directamente do equipamento usado na sua detecção. As espiras e o radar são os mais utilizados em Portugal, apesar de ser cada vez menos habitual a utilização de espiras.

2.1.1. EQUIPAMENTOS

2.1.1.1. Espiras

As espiras não são mais do que detectores de presenças, e estão colocadas sob o pavimento, sendo activadas sempre que um veículo exerce pressão sobre elas. Espiras separadas por distâncias muito pequenas podem, com auxílio de um processador, medir uma velocidade próxima da instantânea, enquanto que se estiverem separadas por distâncias maiores, medem a velocidade média. A utilização de espiras é cada vez menor, pois a sua instalação e reparação poderá levar ao levantamento do pavimento, o que provoca constrangimentos no fluxo do tráfego e torna o sistema dispendioso.

2.1.1.2. Radar

O funcionamento do radar baseia-se no efeito Doppler. Este consiste na emissão de um sinal com uma determinada frequência que depois de reflectido por um determinado objecto que se move a uma certa velocidade, regressa com uma diferença de frequência directamente relacionada com a velocidade do objecto. A comparação entre a frequência do sinal enviado e do recebido permite calcular a velocidade do objecto. Este equipamento é bastante utilizado em Portugal, podendo estar fixo num local activando semáforos, podendo também estar associado a uma câmara fotográfica que regista infracções ou até ser usado por agentes da polícia de forma portátil (pistola radar).

A utilização deste equipamento apresenta algumas dificuldades relacionadas com possíveis interferências no sinal. Elementos como a chuva, movimento de árvores e outros objectos perturbadores, devem ser devidamente previstos e resolvidos para não interferirem negativamente no desempenho do radar. Em situações com tráfego de pesados muito intenso, alguns veículos ligeiros

podem escapar ao sinal do radar não sendo por isso detectados. Apesar de todas estas dificuldades, o radar constitui um aparelho muito fiável e de grande utilidade.

2.1.1.3. Laser

Este tipo de aparelhos mede a velocidade através de cálculos baseados no tempo e distância. Uma luz de banda estreita é enviada, e medido o tempo que demora a receber essa mesma luz reflectida por um objecto. Como a velocidade da luz enviada inicialmente e da reflectida é igual (velocidade da luz), a diferença entre o tempo que esta demora a chegar ao objecto e o tempo que demora a regressar permite calcular a velocidade do objecto. Estes aparelhos conseguem medir velocidades em pontos específicos, sendo por isso mais fácil direccioná-los para determinados veículos.

2.1.1.4. Medição aérea

A medição da velocidade de um veículo pode ser feita com recurso a meios aéreos. Este tipo de medição, usado nos Estados Unidos, baseia-se na medição do tempo que um veículo demora a percorrer uma distância predefinida, estabelecida através de marcas bem visíveis na estrada. O agente da polícia que se encontra no meio aéreo, transmite os dados e a velocidade do veículo em questão a um agente no terreno, para este interceptar o veículo. Este sistema permite aos agentes centrarem-se apenas nos veículos com velocidades muito elevadas, mas tem um grande inconveniente, o elevado custo.

2.1.2. METODOLOGIAS

2.1.2.1. Sistemas controladores da velocidade média

Este tipo de sistemas mede velocidades médias, e não velocidades instantâneas que um veículo possa atingir num determinado momento. A sua aplicação não está prevista pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, sendo a velocidade instantânea a utilizada nos nossos sistemas.

O seu funcionamento baseia-se no seguinte processo:

- O semáforo encontra-se vermelho por defeito;
- Numa primeira fase, de aviso, a velocidade do veículo é medida através de um grupo de espiras, ou outro equipamento, que activa um sinal de aviso de zona controlada caso seja excedido o limite permitido no local. Actualmente, com a alimentação solar, os sinais de aviso podem estar sempre em funcionamento, não sendo necessário detectar a velocidade do veículo, baixando os custos;
- Na segunda fase, de controlo de velocidade, o veículo ao passar por um detector de presenças (D1), espira ou outro equipamento, colocado a uma distância entre 70 a 100 metros do semáforo, dá início a uma temporização que no final muda o sinal de vermelho para amarelo intermitente. Este tempo é calculado dividindo a distância que separa a espira do semáforo, pela velocidade máxima permitida no local. Assim, se o veículo circular a uma velocidade média superior à permitida, encontra o sinal vermelho que o faz abrandar;
- Poderá existir uma câmara fotográfica (F1) a jusante do semáforo para se o veículo passar o sinal vermelho, a matrícula ser registada;

- Se um veículo muito lento activar o sistema e não chegar a tempo do amarelo intermitente, um detector de presenças (D2), espira ou outro equipamento, colocado pouco antes do semáforo, quando activado, faz mudar o sinal para amarelo intermitente, permitindo a passagem do veículo. Este detector só tem efeito se o temporizador não estiver activo o que impede que um veículo que circule em excesso de velocidade, encontre o sinal amarelo devido a outro veículo que o tenha activado à frente. A existência deste detector também permite que um veículo proveniente de uma rua adjacente situada depois da zona onde é activada a temporização, passe o semáforo com o sinal amarelo;
- No caso de existir uma fila de carros, a velocidade é controlada pelo primeiro veículo da fila. À medida que os outros veículos passam pelo detector que activa a temporização, o tempo de amarelo intermitente vai aumentando, possibilitando a passagem de todos. No caso de haver uma distância significativa entre dois veículos da fila, o sistema volta ao estado inicial, ou seja, ao sinal vermelho. Deste modo é possível controlar sub-filas que possam circular a velocidades mais elevadas.

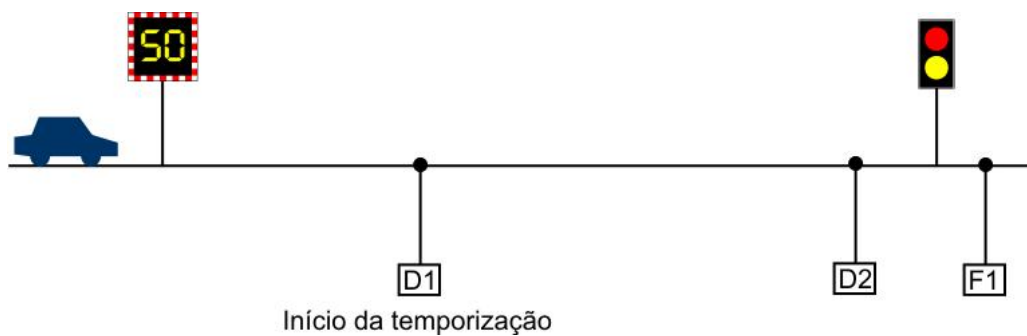


Fig.2.1 – Sistema de controlo de velocidade média

A figura 2.2 representa de uma forma esquemática o funcionamento do sistema atrás descrito:

infracções espaçadas de um determinado tempo, o sinal do semáforo passa a um tempo de vermelho mínimo, para abrandar a fila. Esta nova versão do sistema encontra-se esquematizada na figura 2.3.

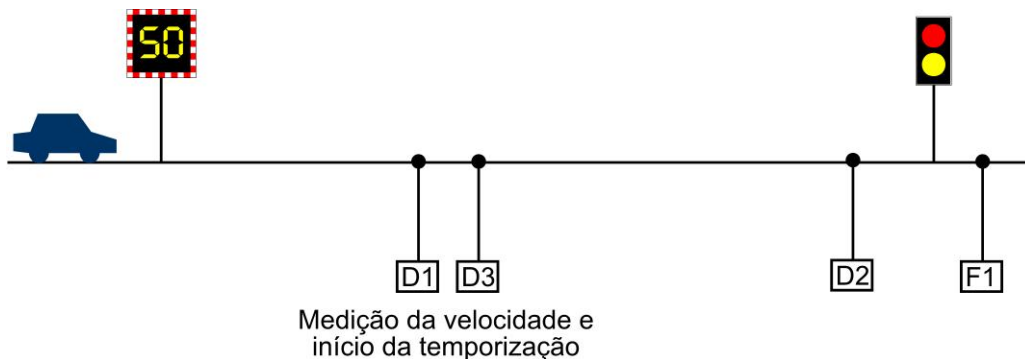


Fig.2.3 – Segunda versão do sistema de controlo de velocidade média

O seu funcionamento baseia-se num processo muito semelhante ao anterior:

- O semáforo encontra-se vermelho por defeito;
- Numa primeira fase, de aviso, a velocidade do veículo é medida através de um grupo de espiras, ou outro equipamento, que activa um sinal de aviso de zona controlada caso seja excedido o limite permitido no local. Actualmente, com a alimentação solar, os sinais de aviso podem estar sempre em funcionamento, não sendo necessário detectar a velocidade do veículo, baixando os custos;
- Na segunda fase, de controlo de velocidade, o veículo passa pelos detectores de presenças D1 e D3, espiras ou outros equipamentos, sendo calculada a velocidade do veículo e definida uma temporização, resultado da divisão da distância ao semáforo pela velocidade calculada. Se o veículo circular a uma velocidade superior ao limite, a temporização será feita com base na velocidade limite, e não na velocidade do veículo. Assim, se o veículo circular a uma velocidade média superior à permitida, encontra o sinal vermelho que o faz abrandar;
- Poderá existir uma câmara fotográfica (F1) a jusante do semáforo para se o veículo passar o sinal vermelho, a matrícula ser registada;
- O detector D2, colocado junto ao semáforo, quando activado, muda o sinal para amarelo intermitente, possibilitando que um veículo proveniente de uma rua adjacente situada depois da zona onde é activada a temporização, passe o semáforo com o sinal amarelo. Este detector só tem efeito se o temporizador não estiver activo o que impede que um veículo que circule em excesso de velocidade, encontre o sinal amarelo devido a outro veículo que o tenha activado à frente;
- No caso de existir uma fila de carros, à medida que os veículos passam pelo detector que activa a temporização, o tempo de amarelo intermitente vai aumentando, possibilitando a passagem de todos. No caso de haver uma distância significativa entre dois veículos da fila, o sistema volta ao estado inicial, ou seja, ao sinal vermelho. Como foi já explicado, se a fila for progressivamente aumentando a velocidade, excedendo o limite, o sistema activará um tempo de vermelho mínimo, para abrandar a fila.

A figura 2.4 representa de uma forma esquemática o funcionamento da segunda versão do sistema, atrás descrita:

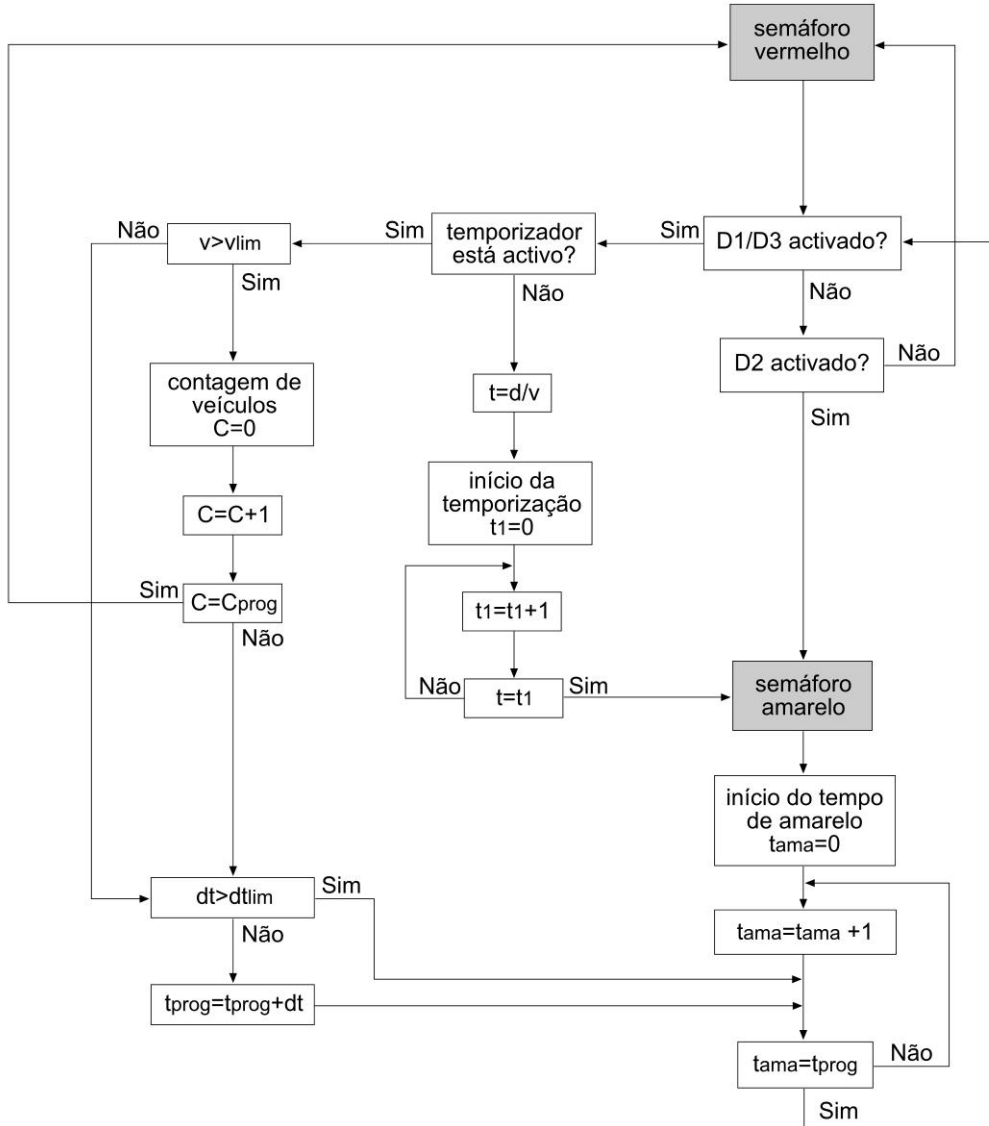


Fig.2.4 – Fluxograma da segunda versão do sistema de controlo da velocidade média

Em que:

t – tempo definido para a temporização

t_1 – tempo presente no temporizador

dt – intervalo de tempo entre dois veículos consecutivos a passar no conjunto de detectores D1 e D3

dt_{lim} – intervalo de tempo máximo entre dois veículos consecutivos

t_{prog} – tempo definido para a duração do amarelo

t_{ama} – tempo de amarelo presente no temporizador

v – velocidade do veículo

d – distância que separa a espira D3 do semáforo

v_{lim} – velocidade limite para o troço em estudo

C – número de veículos em excesso de velocidade

C_{prog} – número de veículos limite em excesso de velocidade

Apesar da segunda versão controlar melhor as filas, evitando que estas passem continuamente em excesso de velocidade, também apresenta uma desvantagem bastante significativa. Um veículo que passe nos detectores D1 e D3 a uma velocidade inferior ao limite, e que depois acelere, não excedendo nunca esse limite, é penalizado porque o tempo para a abertura do amarelo foi calculada com a velocidade mais baixa, portanto o veículo terá que parar no vermelho, o que não faz muito sentido, porque não excedeu o limite. O exemplo que melhor traduz este problema, é o de um veículo que arranque de um lugar de estacionamento que se situe junto aos detectores. A velocidade a que este passará pelos detectores será muito baixa, o que fará com que o veículo espere demasiado tempo até o sinal ficar amarelo, não tendo sequer excedido o limite.

A principal diferença entre estas duas versões, é que a primeira controla melhor veículos isolados e a segunda controla melhor filas de trânsito.

2.1.2.2. Sistemas controladores da velocidade instantânea

Este é o tipo de sistema habitualmente usado em Portugal e recomendado pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária. O seu funcionamento baseia-se fundamentalmente no seguinte:

- O semáforo está verde por defeito;
- O veículo passa por um conjunto de dois sinais de aviso de zona controlada;
- Posteriormente o veículo passa por um conjunto de espiras (E1 e E2) ou por um radar (R1), que, no caso de detectarem uma velocidade superior ao limite permitido naquela via, activam o sistema, mudando o semáforo para vermelho;
- Poderá existir uma câmara fotográfica (F1) a jusante do semáforo para se o veículo passar o sinal vermelho, a matrícula ser registada;

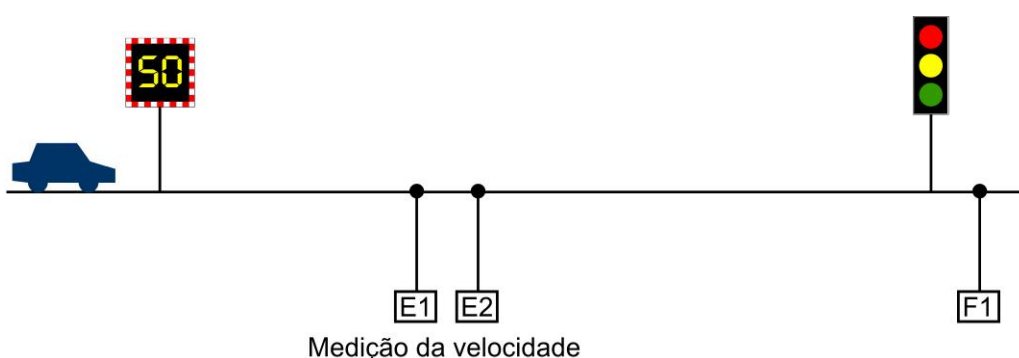


Fig.2.5 – Sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a espiras

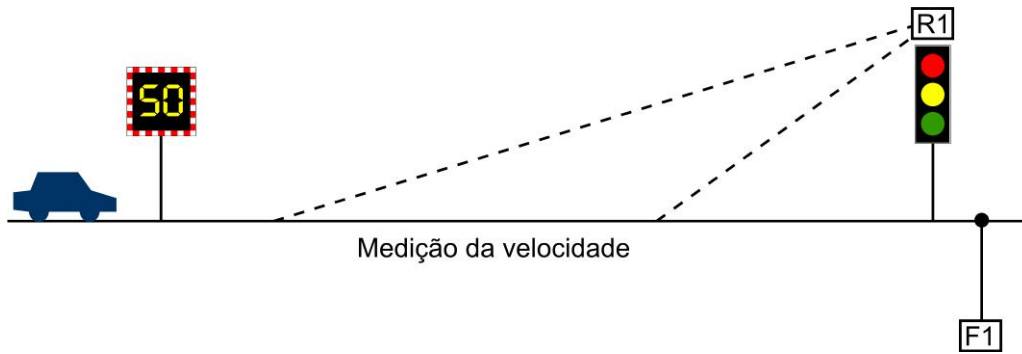


Fig.2.6 – Sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a radar

As figuras 2.5 e 2.6 ilustram bem a principal diferença entre a utilização de espiras e radar, que é a zona de detecção. A zona de detecção é muito superior nos casos em que se utiliza o radar. No caso das espiras, como a zona de detecção é muito reduzida, visto que as espiras são colocadas muito próximas uma da outra com a intenção de medir a velocidade instantânea e não a média, torna-se muito fácil enganar o sistema. Um condutor que tenha conhecimento da existência das espiras, e da sua localização, apenas tem de travar na zona das espiras para não ser detectado, podendo depois acelerar, excedendo o limite de velocidade.

Outra forma de compreender o funcionamento deste sistema é através da figura 2.7.

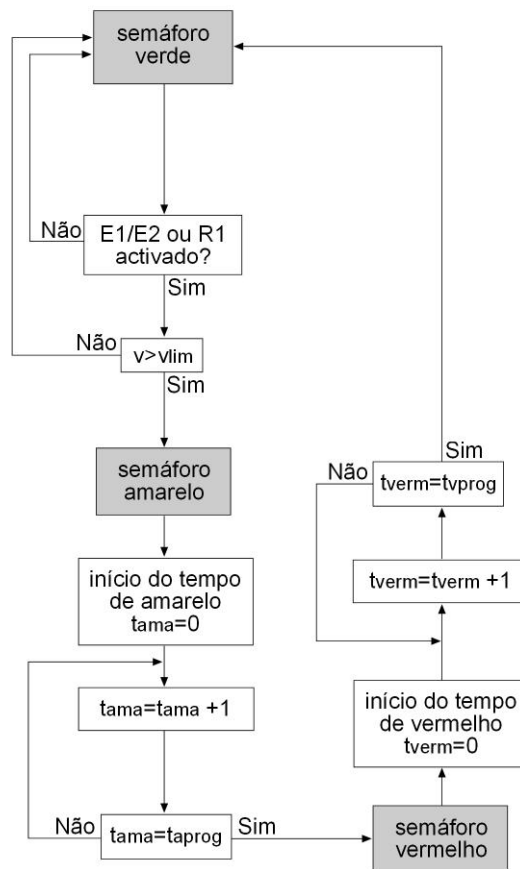


Fig.2.7 – Fluxograma representativo do sistema de controlo da velocidade instantânea

Em que:

v – velocidade do veículo

v_{lim} – velocidade limite para o troço em estudo

t_{ama} – tempo de amarelo presente no temporizador

t_{aprog} – tempo definido para a duração do amarelo

t_{verm} – tempo de vermelho presente no temporizador

t_{vprog} – tempo definido para a duração do vermelho

Uma das principais desvantagens deste sistema, é a possibilidade de um veículo cumpridor ser penalizado mais do que uma vez. Imagine-se o caso de um veículo que excede o limite de velocidade logo no início da zona de detecção, e que com isso obriga uma série de veículos que segue à sua frente, a parar no semáforo. Supondo que quando o sinal fica verde, outro veículo excede novamente o limite, activando o amarelo e o consequente vermelho, os veículos que se situam no final da fila que se formou no semáforo, podem não conseguir passar no amarelo, e assim ficar retidos novamente. Para evitar que um veículo cumpridor do limite de velocidade seja penalizado mais do que uma vez devido a outros, poderá ser colocado um detector de presenças (D1) que conte o número de veículos na fila do vermelho, para que o tempo de verde seja suficiente para todos passarem. Durante este tempo de verde mínimo, mesmo que seja detectado um veículo com velocidade acima do limite, o semáforo não passará a vermelho. Esta situação não representa qualquer perigo, visto que a própria fila fará abrandar o veículo em excesso de velocidade.

As figuras 2.8 e 2.9 ilustram esta adaptação do sistema para os casos de uso de espiras e radar.

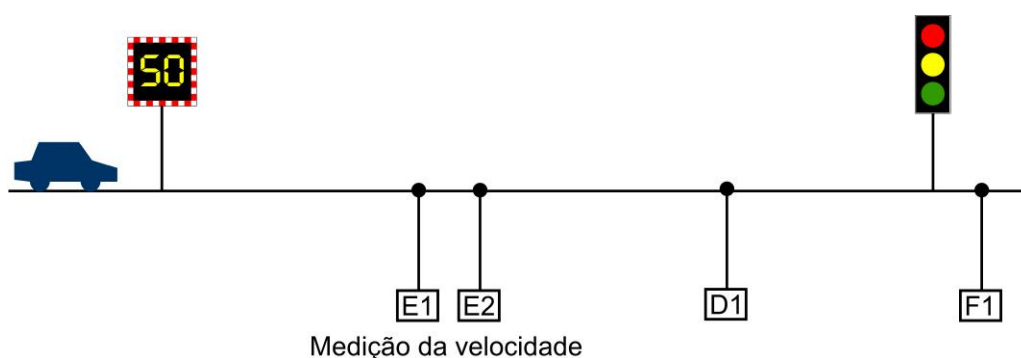


Fig.2.8 – Segunda versão do sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a espiras

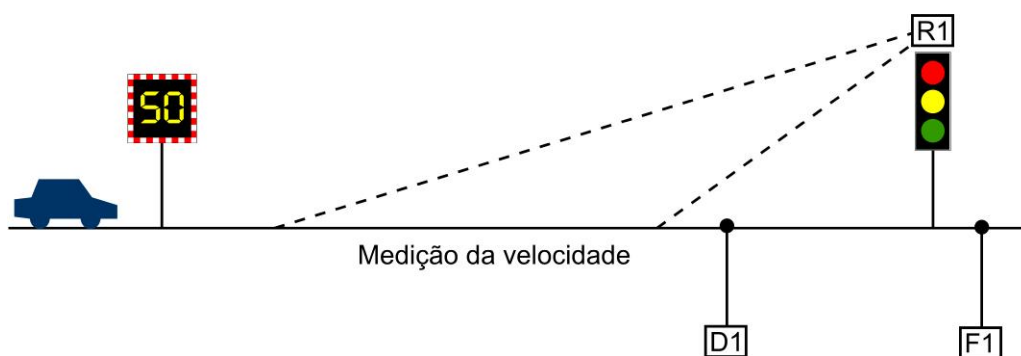


Fig.2.9 – Segunda versão do sistema de controlo de velocidade instantânea com recurso a radar

O funcionamento do sistema com a introdução do tempo mínimo de verde é esquematizado na figura 2.10.

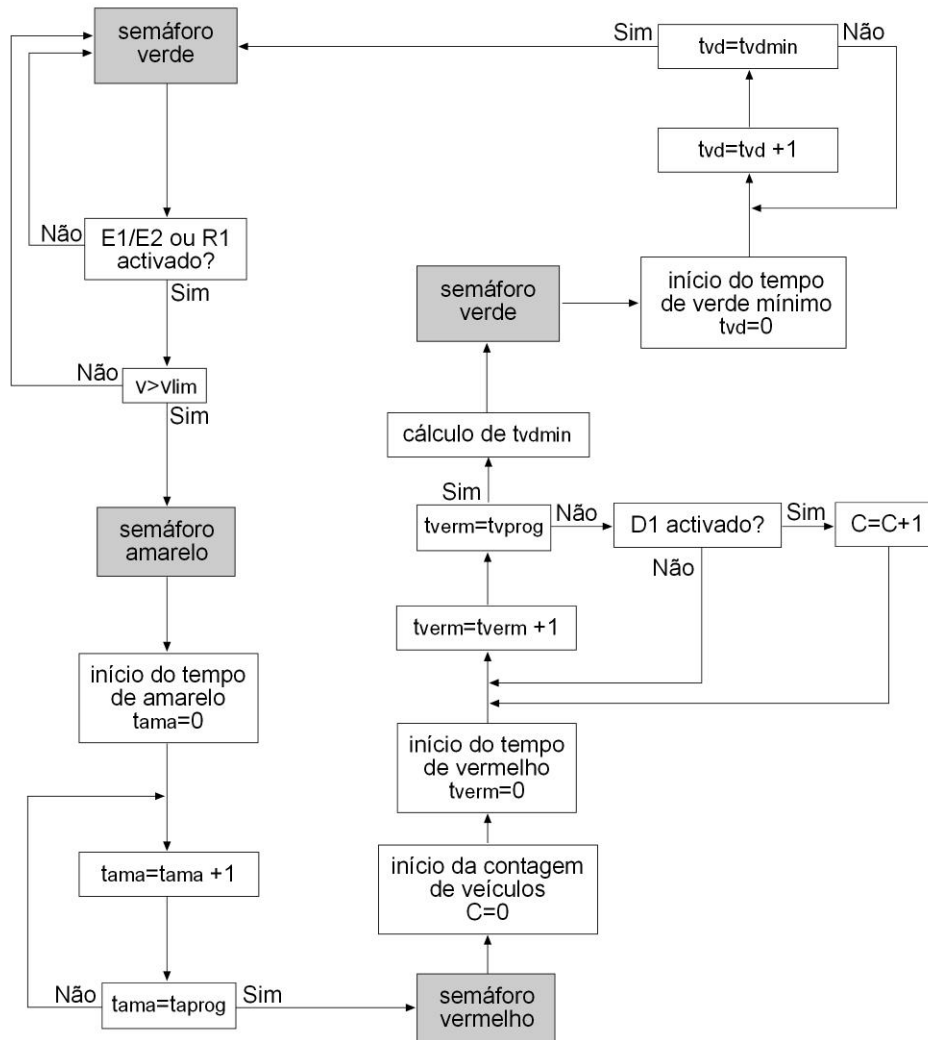


Fig.2.10 – Fluxograma representativo do sistema de controlo da velocidade instantânea com tempo mínimo de verde

Em que:

v – velocidade do veículo

v_{lim} – velocidade limite para o troço em estudo

t_{ama} – tempo de amarelo presente no temporizador

t_{aprog} – tempo definido para a duração do amarelo

t_{verm} – tempo de vermelho presente no temporizador

t_{vprog} – tempo definido para a duração do vermelho

C – número de veículos detectados por D1

t_{vdmin} – tempo de verde mínimo

t_{vd} – tempo de verde presente no temporizador

2.1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS DOIS MÉTODOS

Os sistemas de controlo de velocidade média têm como principal vantagem em relação aos sistemas de controlo de velocidade instantânea, o facto de os veículos, isoladamente, não conseguirem enganar o sistema, visto que se a velocidade média exceder o limite, nunca conseguirão passar no verde. Pelo contrário, nos sistemas de controlo de velocidade instantânea, se o condutor abrandar na zona de detecção de velocidade, e depois acelerar, consegue passar com o sinal verde. A utilização do radar em substituição das espiras, é uma das formas de melhorar este aspecto negativo deste tipo de sistemas, como foi visto anteriormente.

Os sistemas de controlo da velocidade instantânea dão pouca fluidez a elevados fluxos de tráfego, porque obrigam a muitas paragens, visto que não permitem a passagem de filas em excesso de velocidade. Pelo contrário, nos sistemas de controlo de velocidade média, se uma fila de trânsito for acelerando, o amarelo intermitente mantém-se, dando passagem a veículos em excesso de velocidade, aspecto já controlado na segunda versão. A única vantagem de permitir a passagem contínua de uma fila, é que em hora de ponta, dá bastante fluidez ao tráfego.

Os dois sistemas podem penalizar veículos cumpridores dos limites de velocidade, o que nunca é desejável. No caso dos sistemas de controlo da velocidade instantânea este facto pode suceder com mais frequência. Sempre que um veículo se situa entre o semáforo e o veículo infractor, a uma distância do semáforo insuficiente para passar no amarelo, é penalizado, mesmo que esteja a cumprir o limite de velocidade. Na segunda versão do sistema de controlo da velocidade média, apesar de talvez suceder com menos frequência, pode por vezes ser ainda mais grave, visto que veículos cumpridores podem ser penalizados, apenas por acelerarem, mesmo que se mantenham abaixo do limite legal.

Depois de analisadas todas as possibilidades, pode concluir-se que não existe um sistema melhor que outro, mas que uns podem servir melhor numas situações, e outros noutras, sendo portanto fundamental o estudo do local da aplicação para escolher o sistema mais adequado. Em Portugal, a Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária prevê e recomenda, apenas sistemas de controlo de velocidade instantânea.

2.2. CRITÉRIOS PARA A INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE VELOCIDADE

A inexistência de critérios para a instalação de um sistema de controlo de velocidade em Portugal, é uma realidade. A maior parte deste tipo de instalação é requisitada por autarquias ou outras instituições que tutelem a via de comunicação em questão. As principais razões que levam a instalações deste tipo, são muitas das vezes as queixas da população ou mesmo o oportunismo político de quem tem o poder para decidir. Os critérios a seguir apresentados são apenas uma sugestão e resultado de uma pesquisa dos critérios usados noutros países.

A primeira fase consiste na determinação das vias que devem ser analisadas com a finalidade de instalar um sistema de controlo de velocidade. Estas vias, são todas aquelas que cumprem pelo menos um dos requisitos:

- Estatísticas relativas a essa via, que apontem para uma zona de acidentes relevante (2 vítimas mortais, ou mais, num espaço de 3 anos);
- Queixas dos utentes de ordem operacional;
- Informações acerca da via que possam indicar uma zona com potencial para velocidades elevadas, tais como zonas a jusante de saídas de vias rápidas;
- Zonas de cuidados especiais, como escolas, asilos e locais de passagem de volumes elevados de peões.

Depois de identificadas as vias, faz-se uma recolha das velocidades nelas praticadas, e todas aquelas em que o percentil 85 seja superior ao limite aí estabelecido, 50 Km/h no caso de vias urbanas, serão alvo de uma instalação.

Estudos realizados nos Estados Unidos relacionados com velocidades praticadas pelos condutores, concluíram que é a partir do percentil 85 que a gama de velocidades se torna mais dispersa, sendo portanto um objectivo bastante realista impor que o percentil 85 seja igual ou inferior ao limite legal, 50 Km/h. Optar, por exemplo, pelo percentil 90, seria já mais irrealista, porque a diferença do valor da velocidade do percentil 85 para o percentil 90, pode ser bastante elevada. Ao escolher o percentil 85 como valor de referência, também se está a impor que 85% dos veículos circulem dentro dos limites legais, como mostra a figura 2.11.

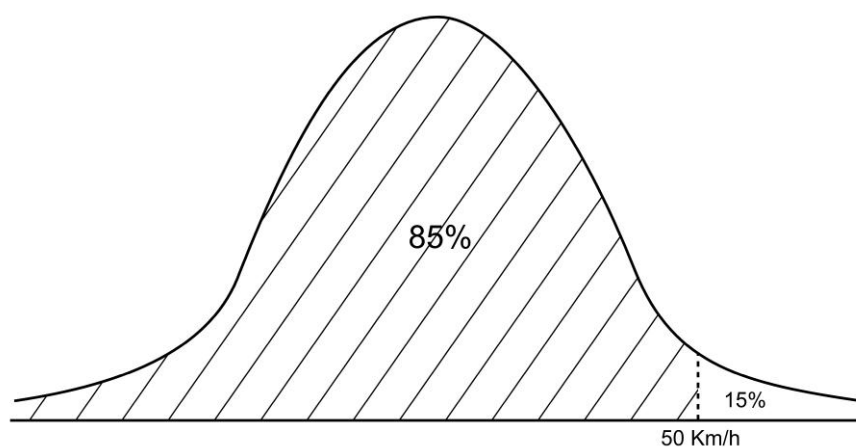


Fig.2.11 – Curva de distribuição normal

2.3. AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO SISTEMA

2.3.1 CRITÉRIOS

A avaliação da eficácia deste tipo de instalações deveria ser prática corrente, mas infelizmente não é. Sem a devida avaliação, dificilmente será possível detectar falhas e realizar melhoramentos na orgânica dos sistemas.

A avaliação deve consistir na comparação das velocidades praticadas antes e depois da instalação, e do respectivo percentil 85, visto que é o factor que determina a aplicação, ou não aplicação, da instalação. A avaliação das velocidades, antes e depois da instalação, deverá ser feita no mesmo período do mês e do ano, ao longo de uma semana, para atenuar os efeitos da variação das características do tráfego, obtendo assim uma comparação mais realista e fiável. Também poderá ser interessante efectuar, em vez de uma, várias avaliações das velocidades praticadas depois da instalação, para perceber até que ponto o efeito é positivo a curto prazo, e o deixa de ser a longo prazo. Uma avaliação das velocidades logo após a instalação pode ser enganadora, devido ao factor surpresa que o surgimento da instalação causou.

O efeito que provocou no número de acidentes também é um factor bastante relevante, senão o mais importante na avaliação, visto que o objectivo principal desta medida é a redução a sinistralidade e o conseqüente aumento da segurança.

2.3.2 EQUIPAMENTO

O tipo de equipamento a usar neste tipo de avaliação deverá ser o mais portátil possível, visto que a sua utilização em cada instalação não é de carácter permanente e por isso deve servir para avaliar outras. Dos aparelhos disponíveis no mercado, o Viacount é um dos que se adequa a este tipo de objectivo.

O Viacount é um sistema portátil e compacto de contagem e classificação de dados de tráfego que consiste num radar Doppler, uma base de dados com interface de série RS232 e uma fonte de alimentação com uma bateria interna de 12 Volt / 18 Ah. O sistema mede o número de veículos, a velocidade, o comprimento e o intervalo de tempo de passagem entre veículos na base de dados. A memória interna guarda os dados recolhidos directamente, arquiva e permite a análise estatística, de acordo com o modo de operação escolhido na programação. A recolha de dados e o ajuste de parâmetros são feitos por transferência para um terminal de dados (PC, PC Portátil, Palmtop, Pocket PC). É ainda possível aceder remotamente aos dados através de um modem GSM, para recolha de dados (contagem e classificação) e programação do equipamento. (Catálogo Soltráfego)

3

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLO DE VELOCIDADE

3.1. METODOLOGIA APLICADA

A metodologia escolhida baseia-se no controlo da velocidade instantânea, na versão que inclui um detector de presenças a fim de garantir um tempo de verde mínimo capaz escoar uma fila de trânsito formada durante o sinal vermelho, e com recurso ao radar de Doppler em vez de espiras. Não irá ser incluída a câmara que regista as matrículas dos veículos que passam no sinal vermelho, visto que o objectivo desta instalação é apenas de dissuadir o condutor da utilização de velocidades elevadas, e não de aplicar multas. A escolha recai sobre esta metodologia e equipamento, por ser o mais usado em Portugal e recomendado pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, tentando com isso, fazer com que haja uma evolução positiva nesta matéria.

3.2. CARACTERÍSTICAS DA VIA

Troço rectilíneo de uma via localizada em ambiente urbano, com apenas uma via de sentido único e largura de 3 metros. A velocidade máxima permitida é de 50 Km/h.

3.3. DEFINIÇÃO DA ZONA DE DETECÇÃO E TEMPOS DE AMARELO E VERMELHO

3.3.1. DISTÂNCIA DE PARAGEM

A distância de paragem é obtida através da seguinte expressão:

$$d_p = Tr \times v + \frac{v^2}{2K_d} \quad (1)$$

em que:

d_p – distância de paragem

v – velocidade do veículo (m/s)

Tr – tempo de percepção-reacção (valor recomendado, 1 s)

k_d – aceleração média durante a travagem (valor recomendado, 3 m/s², desde que garantidas as condições de aderência)

3.3.2. TEMPO DE PERCEPÇÃO/REACÇÃO

Na condução e de uma forma simples designa-se por tempo de reacção o tempo que decorre entre a percepção (identificação) de um estímulo e o momento em que o condutor inicia a resposta a esse estímulo, accionando o respectivo comando do veículo. Embora os condutores tenham a sensação de reagir instantaneamente, de facto, entre o "ver" e o "agir" decorre, num condutor em situações e condições normais, o tempo aproximado de 3/4 de segundo a 1 segundo. Este é o tempo necessário para detectar o estímulo através dos sentidos (na condução o sentido mais utilizado é a visão e depois a audição), identificá-lo, analisá-lo, decidir qual a resposta mais adequada e o início da concretização dessa resposta.

No caso de um estímulo visual o processo é o seguinte:

- O olho capta o estímulo;
- A informação é transmitida ao cérebro que, com recurso essencialmente à memória, experiência e conhecimentos do condutor, a identifica, analisa, decide e dá ordem aos músculos para agir;
- Os músculos “cumprem” as ordens do cérebro e dão início à acção.

Importa diferenciar, desde já, tempo de reacção e acto reflexo. Existem estímulos aos quais respondemos sem previamente terem sido percebidos – é a chamada resposta reflexa. Contrariamente ao que é comum pensar-se, a esmagadora maioria das acções de resposta a uma dada situação de trânsito não são respostas reflexas. É, portanto, falso dizer que alguém é um óptimo condutor só porque tem bons reflexos.

O tempo de reacção depende, essencialmente:

- Do estado físico e psicológico do condutor;
- Da complexidade do estímulo percebido e da presença simultânea de vários estímulos. Quanto mais complexo for o estímulo percebido maior será o tempo de reacção assim como este aumentará na presença de vários estímulos;
- Das experiências similares já vividas pelo indivíduo. Se os estímulos identificados já forem “familiares” o tempo de reacção poderá ser menor.

Vejamos alguns dos principais factores inerentes aos condutores, os chamados factores internos ou intrínsecos, que levam ao aumento do tempo de reacção;

- a presença de álcool no sangue que decorre da ingestão de bebidas alcoólicas. O aumento do tempo de reacção é tanto maior quanto mais elevada for a taxa de álcool no sangue;
- o estado de fadiga e de sonolência;
- a “toma” de alguns medicamentos que actuam a nível do sistema nervoso como antipsicóticos, ansiolíticos, hipnóticos, sedativos, antidepressivos e outros psicotópicos, assim como vários medicamentos de venda livre, considerados geralmente inócuos, como analgésicos, xaropes antitússicos, anti-histamínicos, antigripais, etc., muitas vezes automedicados;
- estados de doença e estados emocionais fortes como o stress, a tristeza, a euforia, a preocupação, etc.;
- a progressão da idade;

- o uso de telemóvel durante a condução.

É normal que pessoas diferentes tenham tempos de reacção diferentes. O maior perigo sobrevém da variação do tempo de reacção na mesma pessoa, por efeito de diversos factores como os que atrás se referiram, especialmente quando não existe consciência dessas alterações.

3.3.3. TEMPO DE AMARELO

O tempo de amarelo não deve ser muito diferente do habitualmente utilizado, para corresponder às expectativas dos condutores, ou seja, 3 segundos.

3.3.4. TEMPO DE VERMELHO

O tempo de vermelho é calculado para o caso mais desfavorável que corresponde à activação do sistema por parte de um veículo logo no início da zona de detecção. É preciso garantir que mesmo que o veículo circule a uma velocidade pouco superior ao limite, encontre o sinal vermelho. Por outro lado, um veículo que ainda não se encontre na zona de detecção e circule a uma velocidade abaixo do limite, terá de conseguir passar com o sinal verde, tendo sido o sistema activado por um carro mais à frente. Para satisfazer as duas condições, basta igualar o tempo que decorre entre a activação do sistema e a posterior passagem do sinal para verde, ao tempo que um veículo leva a percorrer a distância entre o início da zona de detecção e o semáforo, circulando à velocidade limite (50 Km/h em meio urbano). Este tempo corresponde ao tempo de amarelo e vermelho somados.

$$t_{ver} + t_{ama} = \frac{d_{total}}{\frac{v_l}{3.6}} \quad (2)$$

$$t_{ver} + 3 = \frac{150}{\frac{50}{3.6}} \Leftrightarrow t_{ver} = 7.8s$$

Em que:

t_{ver} – tempo de vermelho (segundos)

t_{ama} – tempo de amarelo (segundos)

d_{total} – distância entre o início da zona de detecção e o semáforo (metros)

v_l – limite da velocidade (Km/h)

O tempo de vermelho será então de 7,8 segundos. Para efeitos de simplificação será usado 8 segundos.

3.3.5. ZONA DE DETECÇÃO

O início da detecção deve começar a uma distância tal, que permita a um veículo, animado de uma certa velocidade, parar em segurança no semáforo vermelho. Em meio urbano, onde o limite de

velocidade é 50 Km/h, pode considerar-se razoável que um veículo, no limite, atinja uma velocidade próxima dos 100 Km/h.

O quadro 3.1 representa a distância de paragem e a distância percorrida durante o amarelo, em função da velocidade.

Quadro 3.1 – Distância percorrida e distância de paragem

velocidade (Km/h)	Dist. Percorrida durante amarelo (3s) (m)	Dist. Paragem (m)
0	0,0	0,0
5	4,2	1,7
10	8,3	4,1
15	12,5	7,1
20	16,7	10,7
25	20,8	15,0
30	25,0	19,9
35	29,2	25,5
40	33,3	31,7
43,2	36,0	36,0
45	37,5	38,5
50	41,7	46,0
55	45,8	54,2
60	50,0	63,0
65	54,2	72,4
70	58,3	82,5
75	62,5	93,2
80	66,7	104,5
85	70,8	116,5
90	75,0	129,2
95	79,2	142,5
97,75	81,5	150,0
100	83,3	156,4

Como é possível observar no quadro 3.1, a distância de paragem para uma velocidade de 100 Km/h é bastante próxima dos 150 metros, sendo o valor da velocidade correspondente aos 150 metros de 97,75 Km/h. Considerando o início da detecção nos 150 metros, qualquer veículo que circule abaixo dos 97,75 Km/h terá distância suficiente do semáforo suficiente para parar em segurança.

Se um veículo entrar na zona de detecção com uma velocidade inferior a 50 Km/h, só activará o sistema a uma velocidade muito próxima dos 50 Km/h, e nunca a velocidades muito superiores, visto que o sinal do radar é contínuo e por isso mal o veículo exceda a velocidade limite, o sistema é activado. Com isto conclui-se que veículos que activem o sistema com velocidades superiores ao limite, e não próximas desse limite, só o farão no início da detecção, a 150 metros do semáforo.

Se um veículo exceder a velocidade limite mesmo no final da zona de detecção, tem de estar a uma distância do semáforo suficiente para parar em segurança. Como a velocidade que activará o sistema num caso destes se encontra quase coincidente com os 50 Km/h, e a distância de paragem correspondente a esta velocidade é de 46 metros, o final da detecção deverá ser por volta dos 50 metros, devido ao comprimento do veículo.

Outra questão importante é se o veículo consegue passar com o sinal verde se mantiver a velocidade. No caso de o veículo ser logo detectado no início (150 metros), qualquer que seja a velocidade, a distância percorrida durante o tempo de amarelo é sempre inferior a 150 metros, não conseguindo por isso, passar com o sinal verde. No caso limite de o veículo ser detectado a 50 metros do semáforo, ou seja, com uma velocidade próxima dos 50 Km/h, a distância percorrida durante o amarelo é cerca de 41,7 metros, não conseguindo também passar com o sinal verde.

Com um início de detecção a 150 metros do semáforo e fim a 50 metros, cria-se uma pequena zona de dilema, onde o veículo não consegue parar com segurança no semáforo e se mantiver a velocidade passa no vermelho. A figura 3.1 ilustra bem essa situação.

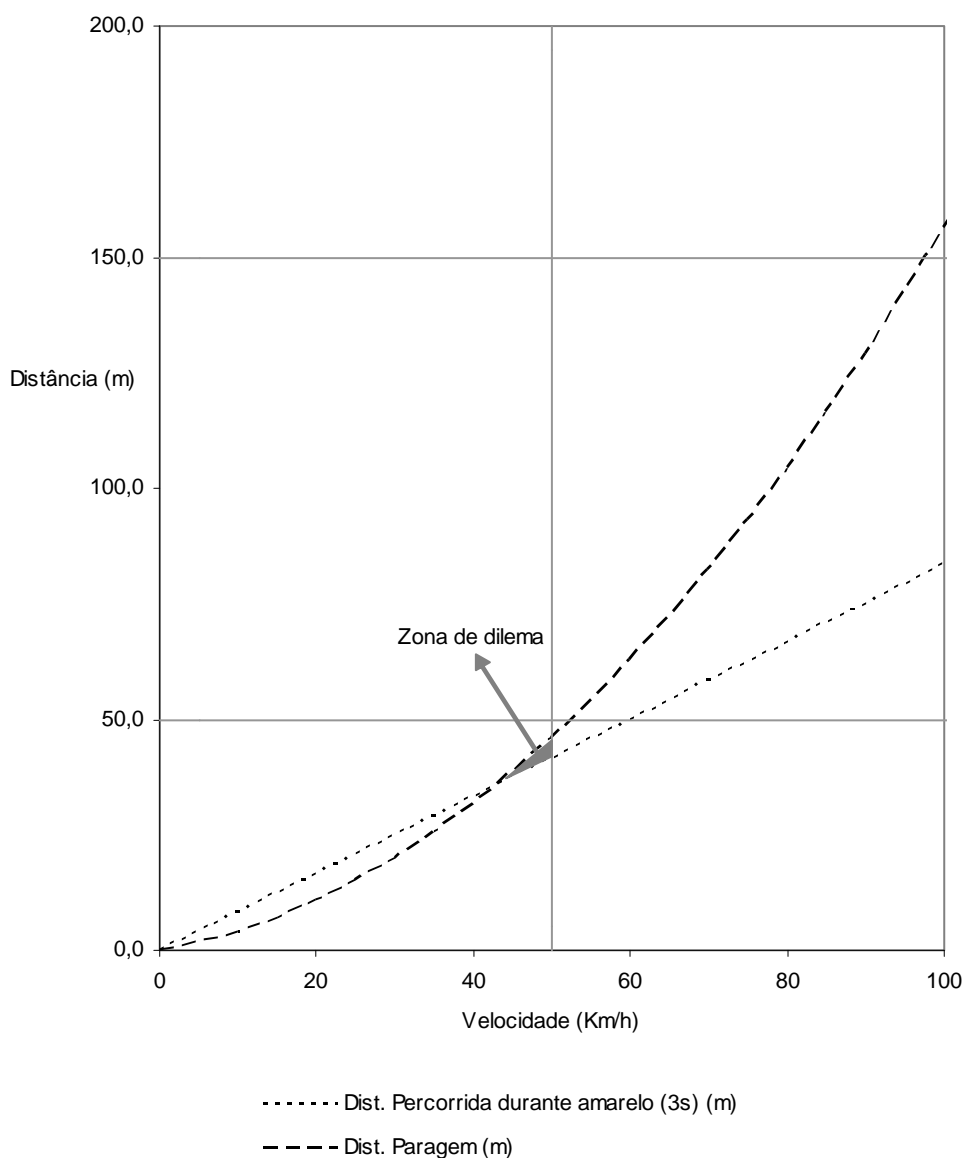


Fig. 3.1 – Distância percorrida e distância de paragem

Uma das formas de eliminar a zona de dilema é alterar o tempo de amarelo para um valor superior, de forma a aumentar o declive da recta da distância percorrida. O ideal será fazer coincidir a recta

representativa da distância percorrida com a curva da distância de paragem, nos 50 Km/h. Para isso basta alterar o tempo de amarelo para 3,312 segundos, conforme ilustra a figura 3.2.

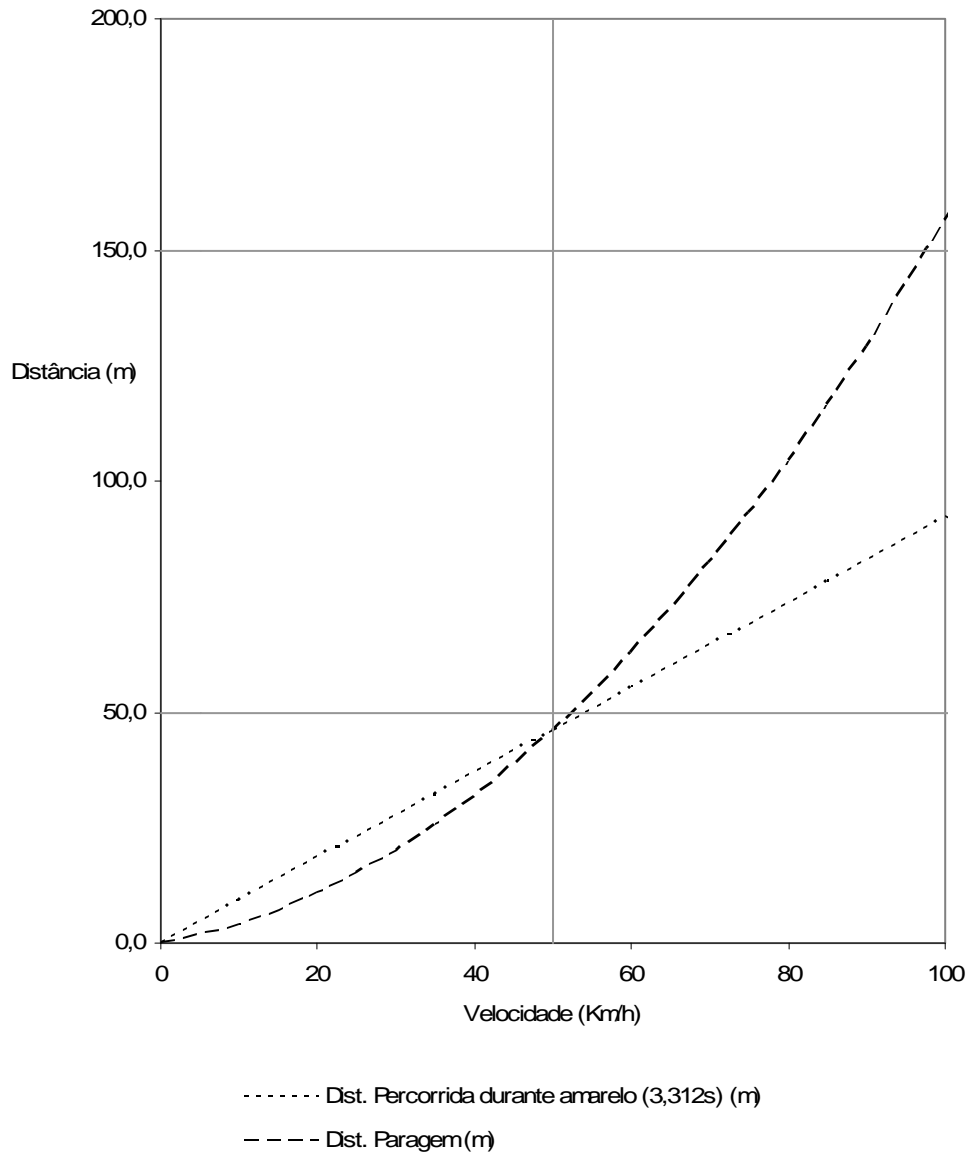


Fig. 3.2 – Eliminação da zona de dilema

A mudança do tempo de amarelo para 3,312 segundos acarreta um inconveniente, que é o facto de um veículo ter maior probabilidade de passar no verde se exceder o limite de velocidade no final da zona de detecção. Atendendo a este facto e também ao facto da diferença ser apenas de 3 décimos de segundo, e da zona de dilema não ter uma dimensão significativa, será mais prático considerar 3 segundos para o tempo de amarelo.

3.4. CONFIGURAÇÃO DO RADAR

3.4.1. ÂNGULOS TEÓRICOS

Depois de definida a zona de detecção, deve ser definido o posicionamento do radar. Para aplicações de controlo de velocidade com extensão considerável, o radar deve ser colocado por cima da via em questão, a cerca de 5 metros do pavimento, que corresponde sensivelmente à altura do báculo.

Noutro tipo de aplicações como contagem e classificação de veículos, e recolha das velocidades praticadas no local, o posicionamento do radar pode ser lateral à via.

Para uma zona de detecção com início nos 150 metros e final nos 50, e uma altura do radar de 5 metros, o ângulo de abertura do feixe e a inclinação a dar ao radar, em termos teóricos, correspondem aos representados na figura 3.3.

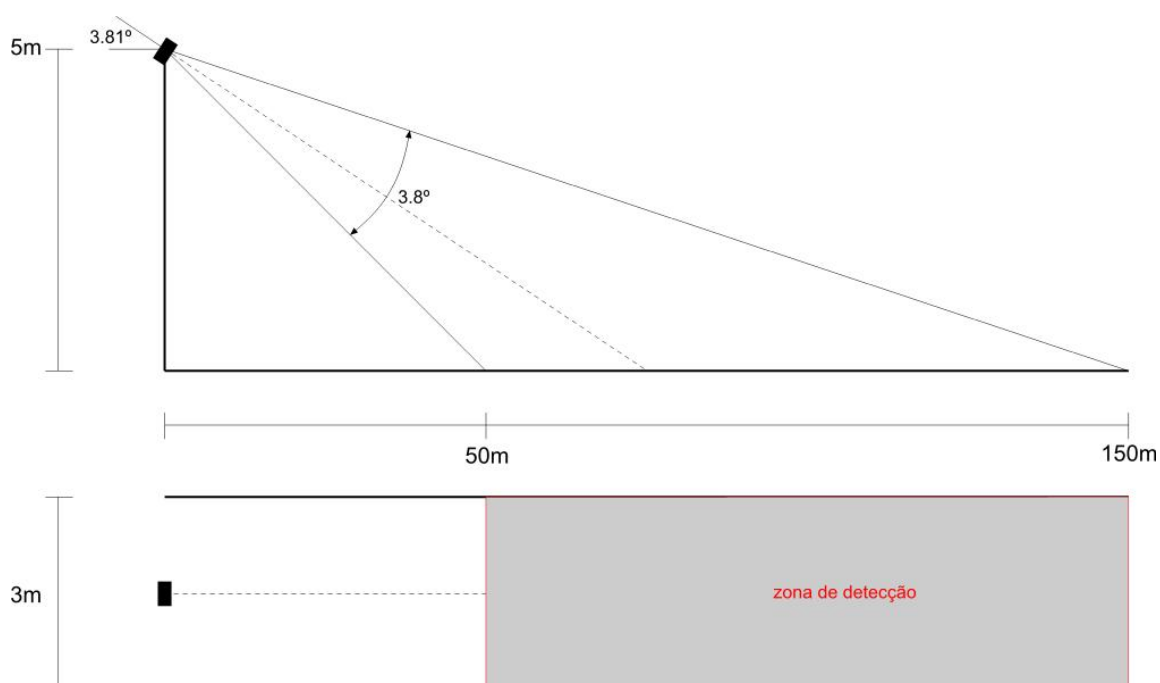


Fig. 3.3 – Ângulos teóricos do radar

Com uma abertura do feixe do radar de 3,8° e uma inclinação de montagem de 3,81°, a zona de detecção será exactamente a pretendida. Esta configuração é meramente teórica, servindo apenas para efeitos comparativos com soluções reais.

3.4.2. VIA FALCON BASIC

Depois de definidos os ângulos teóricos, é altura de definir um radar cujas características permitam uma configuração o mais próxima possível da anteriormente referida. A escolha recaiu sobre o Via Falcon Basic com antena de abertura 12°×17°, visto ser o que tem a abertura de feixe mais próxima do pretendido, e que apresenta menor custo.

3.4.2.1. Medição da velocidade

No Via Falcon Basic a medição da velocidade baseia-se no efeito Doppler, explicado no capítulo 2. Como tal, movimentos radiais de um objecto, que não alterem a sua distância ao radar (ortogonais ao campo de vectores das ondas), não provocam mudanças de frequência no sinal reflectido e portanto, não são detectados. Para movimentos diagonais ao campo de vectores das ondas, apenas a componente paralela aos vectores é detectada.

O Falcon Basic mede continuamente. Se um objecto entrar no feixe, aproximadamente por cada 20 cm percorridos, a sua velocidade é calculada e comparada com o limite estabelecido. O tempo necessário para completar uma medição de um sinal depende da velocidade do objecto. Aproximadamente, o tempo necessário para medir a velocidade de um objecto que circule a 0,7 Km/h é 1 segundo e para um que circule a 255 Km/h é 5 milisegundos.

3.4.2.2. Alcance do feixe

A distância a que o radar consegue medir a velocidade de um objecto pela primeira vez, depende do tamanho desse objecto, mais precisamente da dimensão da área que reflecte o sinal de volta para o radar.

Se o parâmetro *sensitivity*, no Falcon Basic, estiver configurado para 100%, o feixe atingirá uma distância de mais de 250 metros para veículos ligeiros. No caso de veículos pesados, devido à sua grande superfície frontal, a distância será entre 50 a 100% maior do que a dos veículos ligeiros, enquanto que para os motociclos a distância será cerca de 50% mais baixa.

Objectos de elevadas dimensões como por exemplo edifícios, podem causar a propagação em diferentes direcções do feixe do radar. O feixe do radar propaga-se para o objecto e a partir objecto, não só através de linhas directas, mas também através de ondas reflectidas por grandes superfícies. Esta sobreposição de ondas pode reduzir o alcance do feixe, assim como veículos que se movam na direcção contrária da detecção, pequenos movimentos de pessoas e árvores e até ondas rádio emitidas por equipamentos próximos do radar.

A instalação, no radar, de protecções ou outro tipo de materiais a envolver o mesmo, pode provocar uma redução do alcance devido à redução da força do sinal.

3.4.2.3. Diagrama da antena

O ângulo de abertura do feixe é $12^\circ \times 17^\circ$, no plano horizontal e vertical respectivamente. A figura 3.4 mostra a relação entre o ângulo de abertura e a perda de intensidade do campo para antenas de 12° e 17° , sendo a de 12° a curva interior a tracejado. É possível verificar que para os ângulos do feixe, 6° e $8,5^\circ$ para cada lado, a perda de intensidade é cerca de 3 dB, correspondendo a uma redução da potência do campo a metade, o que significa que com estes ângulos se consegue praticamente o alcance máximo. Para objectos que se encontrem a uma distância inferior a 10 metros o ângulo do feixe passa aproximadamente para o dobro.

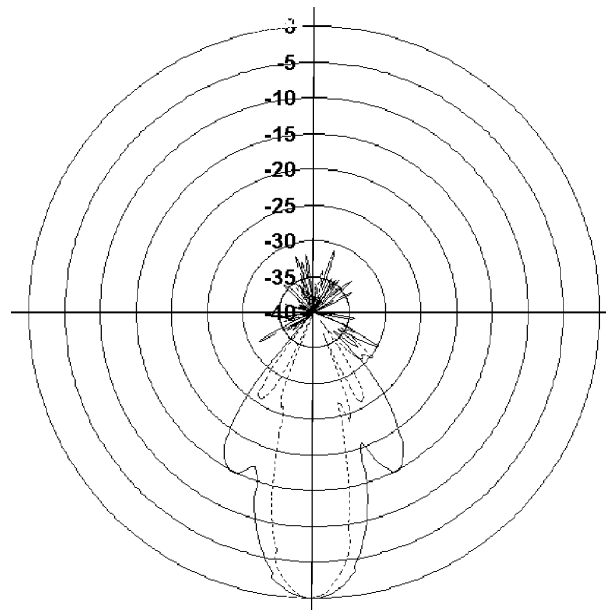


Fig. 3.4 – Diagrama da antena 12°x17°

3.4.2.4. Intervalo de velocidades detectadas e precisão

O intervalo de velocidades detectadas varia entre os 0,7 Km/h e os 255 Km/h. O erro associado a estas medições indicado no quadro 3.2 é válido apenas para ângulos de montagem inferiores a 12° e 17° respectivamente.

Quadro 3.2 – Erros de medição

Velocidade	Erro máximo
$v < 100 \text{ Km/h}$	$\pm 3 \text{ Km/h}$
$v > 100 \text{ Km/h}$	$\pm 3 \%$

3.4.2.5. Ângulo de montagem

Em medições de velocidade baseadas no princípio de Doppler, a velocidade que na realidade é medida corresponde à componente, paralela aos vectores do campo do radar (A), do vector velocidade (C). Como consequência, a velocidade medida é na realidade inferior à velocidade real do veículo.

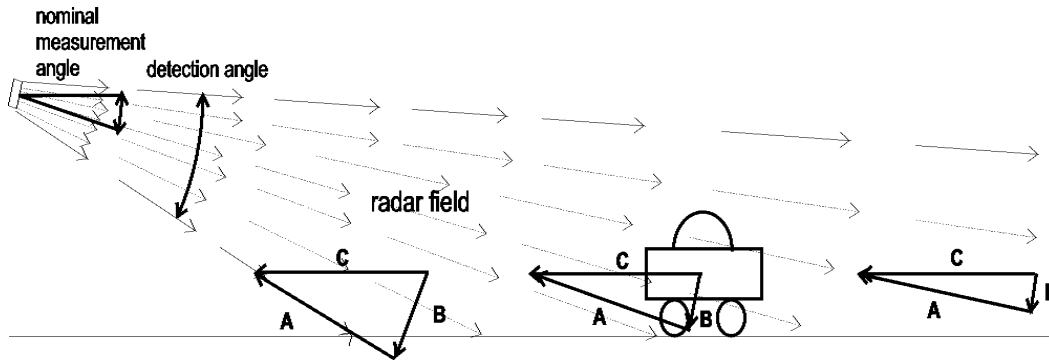


Fig. 3.5 – Ângulo de montagem (nominal measurement angle)

Se o ângulo de montagem exceder os 12° e 17° respectivamente, irá ser medida uma velocidade muito baixa. A solução para estes casos passa por reduzir o ângulo de montagem ou aplicar um factor de correcção à velocidade medida, através da fórmula abaixo indicada:

$$v_{eff} = \frac{v_{med}}{\cos(\varphi_M - \varphi_D)} \quad (3)$$

em que:

v_{eff} – velocidade real do veículo

v_{med} – velocidade medida pelo radar

φ_M – ângulo de montagem

φ_D – ângulo de detecção (12° ou 17°)

Sendo 50 Km/h a velocidade limite neste caso, supondo um ângulo de montagem de 15°, a velocidade a detectar seria 49,9 Km/h em vez de 50.

3.4.2.6. Parâmetros a configurar no radar

A configuração dos parâmetros é feita através de um computador conectado ao radar, podendo alguns dos mais importantes ser introduzidos manualmente, ou seja, no próprio radar.

Relay speed threshold, é a velocidade que fará activar o sistema no caso de ser igualada ou excedida, e pode variar entre 0 e 255 Km/h.

Sensitivity, é a sensibilidade do radar, que permite definir o alcance máximo. No computador é pedido para introduzir um valor para uma variável, n neste caso, devendo ser um destes valores:

$$!Radarsensitivity \left(\frac{100\%}{n}, n = 1, 2, 4, 8, 16 \right), n = \dots \quad (4)$$

Por exemplo, no caso de se introduzir o valor 2 para n , o alcance máximo é reduzido a metade.

Relay holdtime, corresponde ao tempo que a detecção fica memorizada. Depois de um objecto ser detectado, fica activo o estado «objecto detectado». Como o radar mede continuamente, o tempo do estado «objecto detectado» é igual ao tempo durante o qual o veículo está a exceder o limite, mais o *relay holdtime*. Este parâmetro é introduzido da seguinte forma:

$$!relayholdtime(n \times 25ms, 4 < n < 255), n = \dots \quad (5)$$

Portanto este tempo pode variar entre os 100 milisegundos e os 3,375 segundos.

Detected direction, é o sentido no qual a velocidade dos objectos é detectada. Pode ser configurado para detectar os objectos que se aproximam, os que se afastam ou em ambos os sentidos.

3.4.2.7. Efeito da chuva

Em instalações onde se coloque o radar por cima da via, este deve estar programado para detectar apenas objectos que se aproximem, evitando detecções fantasma. A figura 3.6 ilustra a forma como uma gota de chuva pode ser detectada pelo radar.

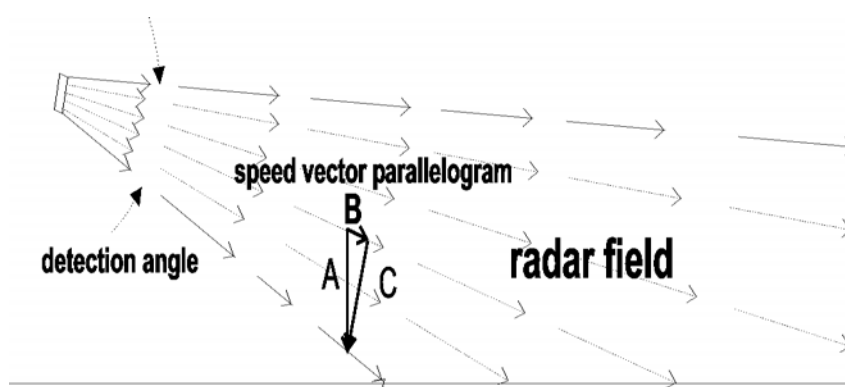


Fig. 3.6 – Detecção de uma gota de chuva

A velocidade da gota de chuva, representada pelo vector A, tem uma componente paralela ao campo de vectores do radar, representada pelo vector B, que será detectável no caso do radar detectar objectos que se afastem. O ângulo de montagem também é determinante neste aspecto, visto que quanto maior for o ângulo, maior será a componente paralela ao campo de vectores do radar. É por isso aconselhável usar ângulos de montagem pequenos.

3.4.3. CONFIGURAÇÃO DO VIA FALCON BASIC NO SISTEMA PRETENDIDO

Depois de analisadas as características do Falcon Basic, facilmente se percebe que não será possível obter uma configuração igual à teórica. Os ângulos do feixe são 12° e 17° no plano horizontal e vertical respectivamente, valores muito superiores aos $3,8^\circ$ desejados. A figura 3.7 ilustra bem os ângulos de abertura horizontal e vertical para mais facilmente se perceber qual o posicionamento a dar ao radar.

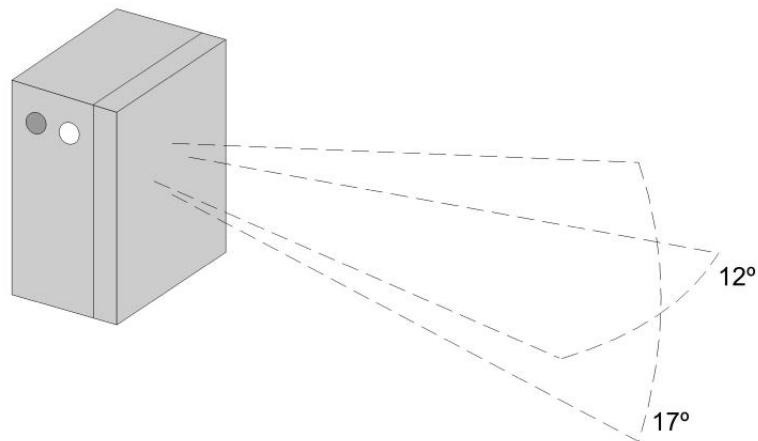


Fig. 3.7 – Ângulos de detecção horizontal (12°) e vertical (17°)

Segundo a configuração teórica, o limite do feixe correspondente ao final da zona de detecção (50 metros), terá de fazer um ângulo no plano vertical de $5,71^\circ$, resultado da soma do ângulo de montagem com metade do ângulo de detecção.

No caso do radar Via Falcon Basic, metade do ângulo de detecção no plano vertical corresponde a $8,5^\circ$, valor que só por si é superior aos $5,71^\circ$ pretendidos. O ângulo no plano horizontal é 12° , logo metade será 6° , valor mais próximo dos $5,71^\circ$. Será então vantajoso montar o radar deitado, para o ângulo de 12° passar a estar no plano vertical. Tendo em conta que mesmo nesta posição, metade do ângulo de detecção no plano vertical já é superior ao desejado, será conveniente adoptar um ângulo de montagem igual a zero.

Mas a verdade é que estes ângulos de detecção variam consoante a distância a que se está do radar, logo, o feixe não terá a forma de um cone perfeito, o que dificulta bastante a determinação da zona de detecção. Como já foi referido atrás, é sabido que para distâncias até aos 10 metros, o ângulo de detecção passa aproximadamente para o dobro do representado na figura, o que poderá ajudar a estimar uma zona de detecção, sabendo também que o alcance é próximo do máximo para os ângulos de 12° e 17° .

3.4.3.1. Dados a introduzir no radar

Relay speed threshold: não sendo necessário aplicar um factor de correcção à velocidade porque o ângulo de montagem é zero graus, o valor a introduzir é 50 Km/h.

Sensitivity: vai ser adoptado como 100%, o alcance máximo relativo aos veículos ligeiros, que é de 250 metros. Como o alcance pretendido é 150 metros, através da fórmula descrita anteriormente conclui-se que o valor mais próximo será de 125 metros, que corresponde a um valor de n igual a 2.

Relay holdtime: imaginando que um veículo circula a uma velocidade superior ao permitido no final da zonal de detecção, e que o semáforo não é accionado porque decorre o tempo de verde mínimo, pode dar-se o caso de quando o tempo de verde mínimo terminar o semáforo passar a amarelo, e o veículo estar já muito próximo do semáforo, não sendo retido. Este tipo de situações ocorrerão com mais frequência se o *relay holdtime* for alto. Tendo em conta esta possibilidade é desejável que seja o

menor possível para não se dar o caso de prejudicar veículos cumpridores sem penalizar o infractor, ou seja 100 milisegundos.

Detected direction: apenas objectos que se aproximam.

3.4.4. ZONA DE DETECÇÃO ESTIMADA

Depois de definidos todos os parâmetros e posicionamentos é possível estimar a localização do feixe do radar e consequente zona de detecção. A zona de detecção estimada tem início nos 125 metros e fim nos 39 metros conforme ilustra a figura 3.8.

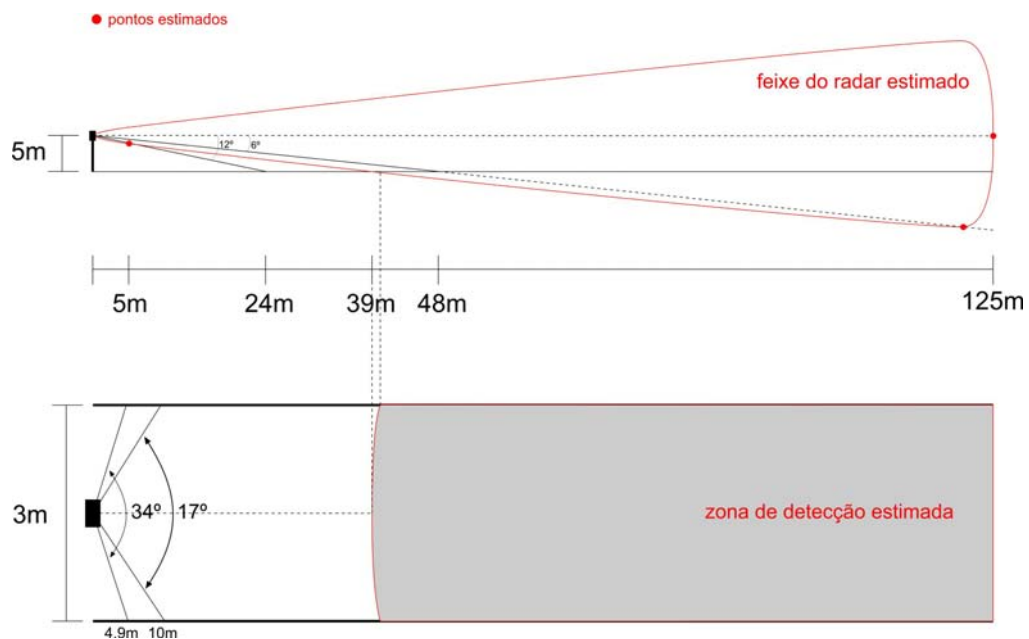


Fig. 3.8 – Zona de detecção estimada

O limite da linha de feixe no plano vertical foi estimado com base em três pontos indicados na figura. O ponto 1 é resultado da intersecção da linha que parte do radar fazendo um ângulo de 12° com a horizontal e uma linha vertical a passar nos 5 metros. Tendo em conta que se reduziu o alcance para metade, também será válido reduzir o alcance do dobro da abertura, ou seja 24° (12° para cima e 12° para baixo), para metade de 10 metros. O ponto 2 reflecte o facto do alcance ser quase máximo para os 12° de abertura, ou seja, 6° para cima e 6° para baixo. O ponto 3 é o ponto de alcance máximo situado no enfiamento do radar, a 125 metros deste.

No plano horizontal é possível verificar que a abertura do feixe garante a cobertura dos 3 metros da via a partir dos 4,6 metros.

Sendo a zona de detecção resultado da conjugação das aberturas horizontal e vertical, a largura da via só fica totalmente coberta pelo feixe a partir dos 40 metros como mostra a figura 3.9.

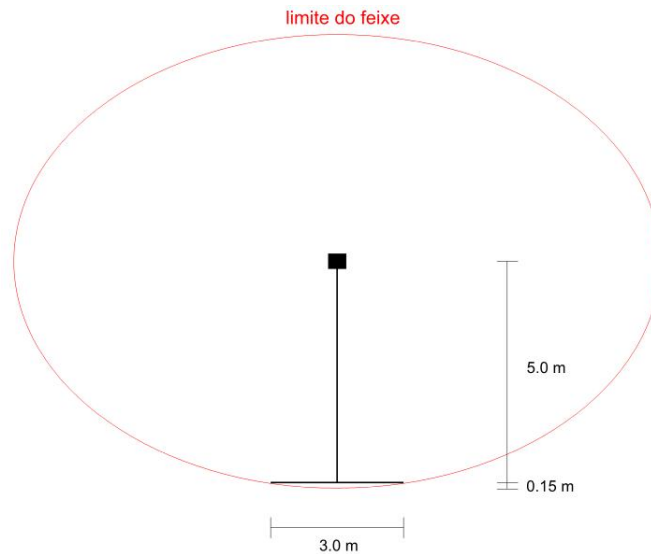


Fig. 3.9 – Corte transversal estimado da via, a 40 metros de distância do radar

Apesar deste facto, é mais realista considerar o final da zona de detecção nos 39 metros porque tendo em conta a largura da via, os veículos passarão sempre pelo centro da via com excepção para os motociclos.

3.5. TEMPO DE VERDE MÍNIMO

O principal objectivo do tempo de verde mínimo é ser capaz de escoar uma fila de veículos formada durante o sinal vermelho, para evitar que um veículo seja penalizado mais do que uma vez, conforme explicado no segundo capítulo.

Para o seu funcionamento ser eficaz, é necessário saber o tempo de verde mínimo, mas também a que distância se deve efectuar a contagem.

3.5.1. CÁLCULO DO TEMPO DE VERDE MÍNIMO

O tempo de verde mínimo depende do número de veículos que compõe a fila. Uma vez conhecido o número de veículos presentes na fila e o débito associado à abertura do sinal verde, é possível determinar o tempo necessário para escoar esse mesmo número de veículos.

Em vias com largura entre os 3,0 e os 3,5 metros, sem qualquer tipo de interferência que possa diminuir o débito, este é aproximadamente de 1800 veículos por hora, o que dá um veículo a cada dois segundos. Sendo assim o tempo de verde mínimo será:

$$t_{verde} = N \times 2 \quad (6)$$

Em que:

t_{verde} – tempo mínimo de verde (segundos)

N – número de veículos presentes na fila

3.5.2. DISTÂNCIA A QUE SE DEVEM EFECTUAR A CONTAGEM

A distância a que se deve efectuar a contagem depende do comprimento máximo da fila espera, visto que se esse comprimento for superior à distância de contagem, podem ficar veículos por contar, e o tempo de verde não ser suficiente para escoar a fila.

A figura que se segue ilustra bem o funcionamento das filas de espera, e permite calcular o comprimento máximo da fila de espera. O volume de tráfego em hora de ponta considerado para a via em estudo foi de 1000 veículos por hora.

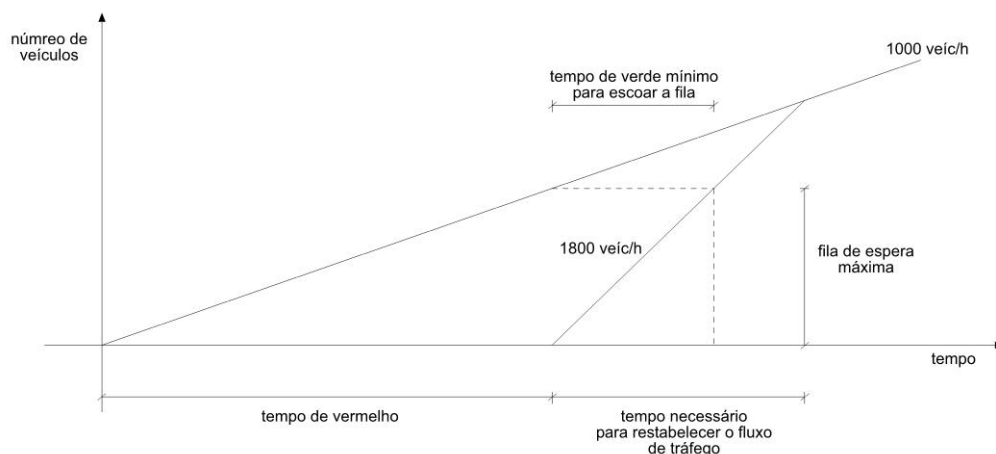


Fig. 3.10 – Filas de espera

O comprimento máximo da fila de espera será:

$$L_{fila} = \frac{q}{3600} \times t_{verm} \Rightarrow L_{fila} = \frac{1000}{3600} \times 8 \Rightarrow L_{fila} \approx 2.22 \quad (7)$$

Em que:

L_{fila} – comprimento máximo da fila (número de veículos)

q – débito (veículos por hora)

t_{verm} – tempo de vermelho (segundos)

O comprimento será de 2.22 veículos, ou seja terá de se considerar a hipótese de estarem três veículos na fila. Este número é bastante baixo, pois implica no máximo um tempo de verde de 6 segundos. Para chegar ao comprimento em metros terá de se multiplicar o comprimento máximo da fila pelo comprimento médio dos veículos, que será considerado 5 metros. Sendo assim o comprimento da fila será de 15 metros. Para efeitos de segurança, a distância de contagem será de 20 metros.

3.5.3. EQUIPAMENTO

Dos diferentes tipos de detectores de presenças que existem, as câmaras são cada vez os mais frequentes. O modelo escolhido neste caso foi a Traficam, cuja existência e funcionamento foram-me dados a conhecer pela empresa Soltráfego. A figura 3.11, ilustra bem como se processa a contagem de veículos com este aparelho.

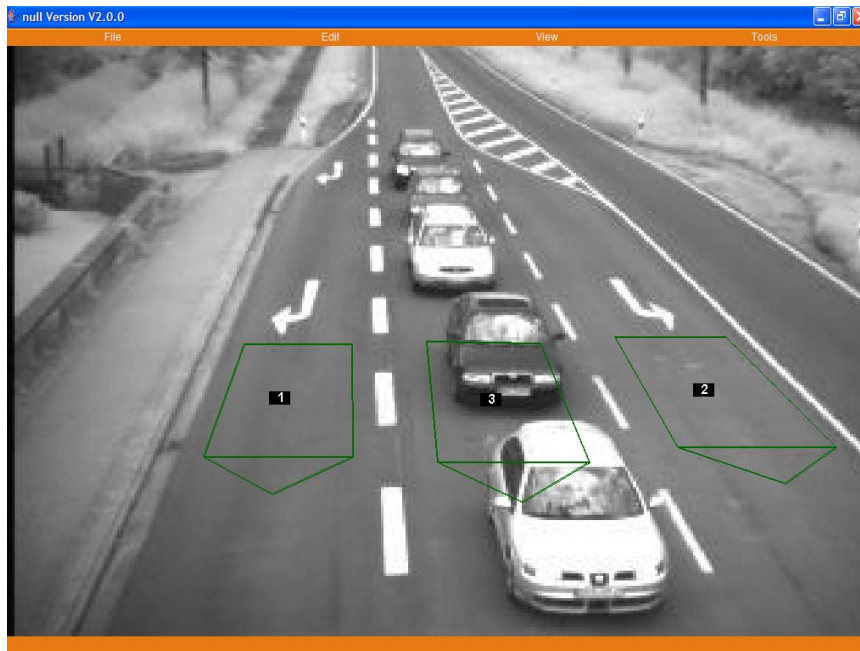


Fig. 3.11 – Método de contagem de veículos usado na Traficam

Como é possível perceber pela imagem captada pela Traficam, o seu método de contagem de veículos é baseado em espaços virtuais, que ao serem preenchidos por veículos, contam como presenças. A Traficam pode ser colocada no báculo, a 5 metros de altura, e direccionada para onde se quiser, desde que não se apanhe no ecrã a linha do horizonte, que por razões técnicas pode dificultar a contagem. A colocação dos espaços virtuais é definida através de software próprio do equipamento. Neste caso os espaços virtuais deverão estar colocados a uma distância de 20 metros do semáforo.

3.6. EQUIPAMENTO E CUSTO

Este tipo de instalação contempla uma série de equipamentos. Depois do radar, um dos equipamentos mais importantes é o comando regulador, que recebe, processa e envia toda a informação necessária para o correcto funcionamento do sistema. O comando regulador pode ser considerado o cérebro de todo o sistema, visto que é onde se insere toda a programação, e é por onde passa obrigatoriamente toda a informação.

Outra questão importante é o tipo alimentação energética. A utilização de energia solar captada por painéis anexados aos equipamentos, é cada vez mais a opção tomada neste tipo de instalação. Este tipo de alimentação tem vantagens a nível ambiental e de custos que cada vez mais se devem considerar. No entanto a sua utilização requer um estudo, na zona de instalação, relativo às condições de

exposição solar, a fim de determinar se serão suficientes para gerar energia capaz de alimentar os equipamentos de uma forma contínua.

A Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária faz também uma série de recomendações, disponíveis em anexo, onde se inclui a sinalização obrigatória para sistemas de controlo de velocidade e respectivo posicionamento. É obrigatória a colocação de sinalização luminosa destinada a regular o trânsito de veículos, constituída por um sistema tricolor, não sendo possível a utilização da luz amarela intermitente em substituição da luz verde. Os semáforos para veículos devem ser providos de écrans e ter 200 ou 300 mm de diâmetro; o diâmetro do sinal de luz vermelha é sempre de 300 mm, salvo no caso dos semáforos colocados do lado direito da via, referidos no ponto anterior, isto é, quando tenham associados semáforos em báculo, em que o seu diâmetro pode ser de 200 mm. Devem ser utilizados os painéis de velocidade controlada (VC1 e VC2), sendo o painel VC1 colocado em primeiro lugar no sentido da marcha e sempre associado a sinal luminoso constituído por duas luzes amarelas acendendo alternadamente. O painel VC1 deve ser colocado a uma distância mínima de 200 metros dos semáforos e o painel VC2, de um modo geral, a 150 m daquele local

Todo o equipamento necessário e respectivo custo foi fornecido pela empresa Soltráfego e está discriminado no quadro 3.3 e em anexo. Os desenhos relativos aos sinais e semáforos também podem ser encontrados no anexo 5.

Quadro 3.3 – Equipamento e custos

DESIGNAÇÃO	QUANT.	PR. UNI.	PR. TOTAL
Semáforos 1/300 - 2/200 (tricolores) Led's	1	450,00	450,00
Semaforos 3/200 Led's	1	400,00	400,00
Semáforos 3/100 (repetidores) Led' s	1	285,00	285,00
Ecrans	2	50,00	100,00
Báculo	1	525,00	525,00
Maciços para Báculos	1	145,00	145,00
Colunas	2	125,00	250,00
Maciços para Colunas	2	45,00	90,00
Comando Regulador c/ sistema de alimentação solar	1	2.250,00	2.250,00
Mts Cabo VAV 4 x 1,5 mm *	30	1,90	57,00
Sinais de Semáforos VC1 + VC2 (1,20 x 1,30)	2	180,00	360,00
Radar microondas	1	650,00	650,00
Pré-Sinalização c/ alimentação solar e semáforos 2/200 Led' s	1	1.000,00	1.000,00
Traficam	1	900,00	900,00
* valores estimados / ajustável à tipologia do terreno		VALOR TOTAL	7.462,00

3.7. ANÁLISE DA SOLUÇÃO ADOPTADA

3.7.1. ANÁLISE RELATIVA À ZONA DE DETECÇÃO

A mudança do início e fim da zona de detecção para 125 metros e 39 metros respectivamente tem consequências negativas, visíveis na figura seguinte.

A alteração para 39 metros tem consequências como o facto da zona de dilema se encontrar agora na zona de detecção. Por exemplo, se um veículo exceder o limite de velocidade e activar o sistema, entre os 41,7 metros e os 46 metros, não terá tempo de passar no verde, mas também não poderá realizar uma paragem em segurança.

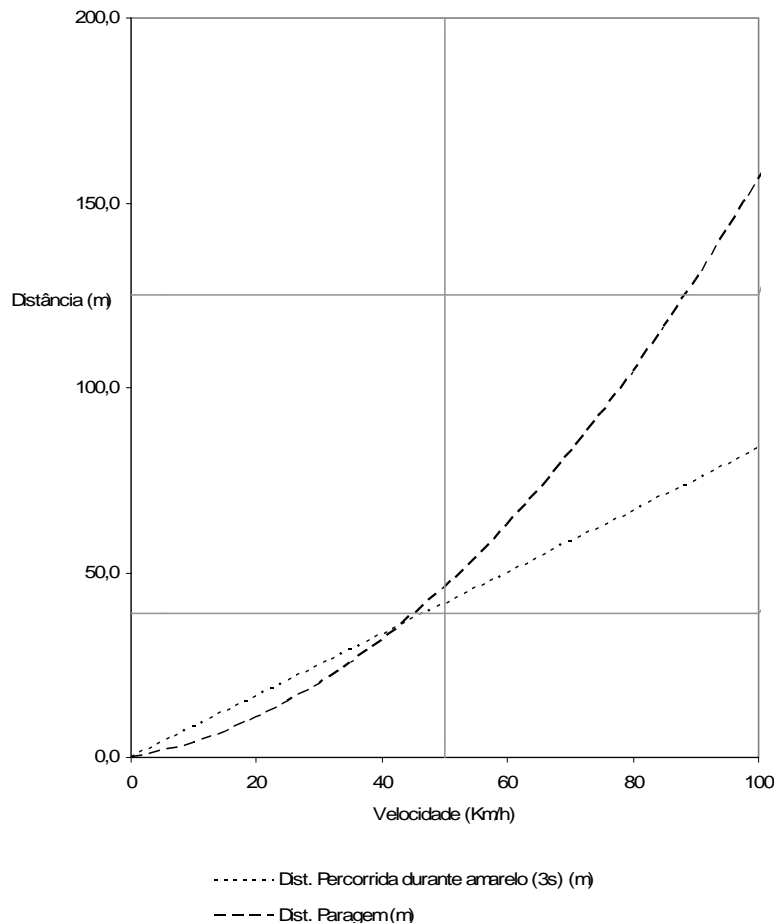


Fig. 3.12 – Distância percorrida, distância de paragem e novos limites da zona de detecção

Outro dos inconvenientes, é existir a possibilidade de um veículo exceder o limite de velocidade e activar o sistema, mas conseguir passar o verde não sendo punido. Este tipo de situação não é nada desejável, porque não se pune o infractor, e provavelmente punem-se veículos cumpridores que se situavam mais atrás. Felizmente esta situação só poderá suceder num espaço reduzido, entre os 39 metros e os 41,7 metros.

Com a alteração da localização do início da detecção para os 125 metros, fica agora garantida uma paragem em segurança para veículos que activem o sistema a velocidades iguais ou inferiores a 88,4 Km/h, em vez dos 97,75 Km/h anteriores.

Esta alteração também tem um aspecto positivo, que é a redução da distância do início da detecção ao semáforo. Este encurtamento do espaço faz com que menos veículos cumpridores sejam penalizados por veículos que circulam em excesso de velocidade atrás de si.

3.7.2. ANÁLISE RELATIVA AO POSICIONAMENTO DO RADAR

O posicionamento do radar tem um inconveniente facilmente perceptível relacionado com a inclinação de montagem. O facto da inclinação de montagem ser de 0° faz com que uma parte significativa do feixe não esteja direccionada para a via, tornando as medições das velocidades muito mais vulneráveis a elementos perturbadores como por exemplo pássaros. O sistema estará por isso mais susceptível a medições fantasma.

3.7.3. ANÁLISE COMPARATIVA COM SOLUÇÕES HABITUALMENTE UTILIZADAS

As soluções utilizadas neste tipo instalação apresentam bastantes desvantagens em comparação com a solução aqui descrita.

É habitual neste tipo de instalação, adoptar um ângulo de montagem igual à abertura do feixe do radar a utilizar. Se nesta solução aqui apresentada, o final da zona de detecção já não se encontra à distância pretendida, adoptando ângulos de montagem superiores, o final da zona de detecção aproxima-se bastante do semáforo o que provoca muitas situações indesejáveis. Quanto mais perto do semáforo estiver o final da zona de detecção, maior probabilidade têm os veículos infractores de passar no amarelo, punindo apenas veículos que se encontrem mais atrás. Neste tipo de sistemas, a punição do veículo que activa o sistema, devia ser condição fundamental para o seu correcto funcionamento.

Para além dos ângulos de montagem geralmente utilizados, não podemos esquecer que o radar aqui utilizado é o que tem abertura do feixe menor, ou seja, quando utilizam radares com abertura do feixe superior, a situação ainda se agrava mais. Pode haver casos em que o final da zona de detecção é quase coincidente com o semáforo, o que é muito negativo.

Outro factor importante é o comprimento da zona de detecção. O início da zona de detecção deve estar a uma distância do semáforo que possa garantir que um veículo tenha tempo suficiente para efectuar uma paragem em segurança. Mas tem de se ter em atenção que a zona de detecção for muito extensa, vai prejudicar um número maior de veículos cumpridores. Todos os veículos que se encontrem entre o início da detecção e o semáforo, correm o risco de ter de parar no semáforo devido a uma infracção no início da zona de detecção. Logo, quanto maior for essa zona, maior número de carros contempla, mais prejudicial é.

A única vantagem que as soluções habitualmente utilizadas apresentam, em relação à aqui adoptada, é o facto de o feixe estar todo direccionado para a via, reduzindo assim as interferências provenientes dos elementos que rodeiam a via.

Para conseguir uma solução mais vantajosa do que a aqui apresentada, seria necessária a existência de um radar que possibilitasse a configuração rigorosa da zona de detecção e que os ângulos de abertura do feixe pudessem ser ajustados.

A empresa alemã, Viatraffic, que produz o radar aqui utilizado, anunciou a produção de um radar com estas possibilidades aqui especificadas para o ano de 2009, o radar FSK.

CONCLUSÃO

A velocidade excessiva é apontada como a principal causa dos acidentes rodoviários em Portugal, e está muitas vezes associada a comportamentos de risco por parte dos condutores. Por este e outros motivos, a diminuição das velocidades habitualmente praticadas assume elevada importância, devendo ser claramente um dos principais objectivos das políticas de segurança rodoviária.

Existem diversas medidas que têm como objectivo a diminuição da velocidade, entre as quais se podem destacar, a utilização de lombas, plataformas sobrelevadas e a utilização de semáforos de controlo de velocidade.

O controlo de velocidade através da utilização de semáforos tem como princípios base o controlo da velocidade média ou o controlo da velocidade instantânea, sendo este último o usado habitualmente em Portugal. Os sistemas de controlo de velocidade média têm como principal vantagem em relação aos sistemas de controlo de velocidade instantânea, o facto de os veículos, isoladamente, não conseguirem enganar o sistema, apesar dessa diferença ser menor com a utilização do radar em substituição das espiras. Os sistemas de controlo da velocidade instantânea dão pouca fluidez a elevados fluxos de tráfego, ao contrário dos de velocidade média. Os dois sistemas podem penalizar veículos cumpridores dos limites de velocidade, o que nunca é desejável. No caso dos sistemas de controlo da velocidade instantânea este facto pode suceder com mais frequência. Depois de analisadas todas as possibilidades, pode concluir-se que não existe um sistema melhor que outro, mas que uns podem servir melhor numas situações, e outros noutras, sendo portanto fundamental o estudo do local da aplicação para escolher o sistema mais adequado.

A ausência de critérios para a instalação de um sistema de controlo de velocidade é uma realidade em Portugal, e algo que se deve combater. Devem ser estabelecidos parâmetros que analisem a necessidade, ou não, da aplicação do sistema, assim como deve ser realizada uma rigorosa avaliação da eficácia do sistema.

A solução aqui apresentada tem como princípios base a garantia de segurança, a minimização de situações em que haja punição de veículos cumpridores, e a fiabilidade do sistema. A solução ideal não é executável, visto que não há equipamentos capazes de adquirir a sua configuração. A solução adoptada, com recurso ao radar Via Falcon Basic, apresenta, portanto, algumas desvantagens face à solução ideal como o facto da zona de dilema se encontrar na zona de detecção, existir a possibilidade de um veículo em excesso de velocidade não ser punido e estar mais susceptível a medições fantasma, mas também uma vantagem que se traduz numa redução da distância do início da detecção ao semáforo e conseqüente redução do número de veículos cumpridores penalizados. Em relação às soluções habitualmente utilizadas neste tipo instalação, estas apresentam bastantes desvantagens em

comparação com a solução aqui adoptada. Geralmente existe uma muito maior probabilidade de veículos infractores passarem no amarelo, devido à localização do início da detecção ser muito próxima do semáforo, e também de veículos cumpridores serem penalizados devido à elevada extensão da zona de detecção. A única vantagem que as soluções habitualmente utilizadas apresentam é o facto de existirem menos interferências provenientes dos elementos que rodeiam a via. Para conseguir uma solução mais vantajosa do que a aqui apresentada, seria necessária a existência de um radar que possibilitasse a configuração rigorosa da zona de detecção e que os ângulos de abertura do feixe pudessem ser ajustados. A empresa alemã, Viatraffic, que produz o radar aqui utilizado, anunciou a produção de um radar com estas possibilidades aqui especificadas para o ano de 2009, o radar FSK.

BIBLIOGRAFIA

Maria do Céu Moncada Pacheco de Amorim Faulhaber. (1998). *O Desempenho e Potencial para Integração de Atravessamentos Pedonais e Sistemas de Controlo de Velocidade em Vias Estruturantes*. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Dayton Microcomputer Association (<http://www.dma.org/index.shtml>). Junho 2008.

Traficam (<http://www.traficam.com/downloads.jsp>). Maio 2008

Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (<http://www.ansr.pt/>). Novembro 2007

Núcleo de Investigação de Acidentes Rodoviários do Instituto Superior Técnico, Instituto Superior de Engenharia Mecânica (<http://www.dem.ist.utl.pt/acidentes/para/index.html>) . Novembro 2007

Community Research and Development Information Service (<http://cordis.europa.eu>). Abril 2008.

National Highway Traffic Safety Administration (<http://www.nhtsa.dot.gov>). Abril 2008.

Trafikken (<http://www.trafikken.dk>). Abril 2008.

National Transport Library (<http://ntl.bts.gov/>). Abril 2008

Transport Research Foundation (<http://www.transportresearchfoundation.co.uk/>). Março 2008.

Organização Mundial de Saúde (http://cc-oms.inrets.fr/WebCourses/Speed_management.pdf). Abril 2008.

Transports Canada (<http://www.tc.gc.ca/roadsafety/tp/tp14756/pdf/tp14756e.pdf>). Abril 2008.

Arrive Alive (<http://www.arrivealive.co.za/pages.asp?mc=speeding&nc=lawenforcement>). Abril 2008.

Insurance Institute for Highway Safety (http://www.iihs.org/research/qanda/speed_lawenf.html). Março 2008.

European Road Safety Observatory (<http://www.erso.eu/>). Abril 2008.

Portugal premiado por redução de sinistralidade. Correio da Manhã. 23 de Junho de 2008.

Sebenta de Circulação e Transportes 1. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Sebenta de Circulação e Transportes 2. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Manual do Via Falcon Basic. Viattraffic.

ANEXOS

**ANEXO 1 – Recomendações da Autoridade Nacional de
Segurança Rodoviária**

RECOMENDAÇÕES SOBRE INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE CONTROLO DE VELOCIDADE ASSOCIADOS A SINALIZAÇÃO LUMINOSA DE REGULAÇÃO DO TRÂNSITO – SEMÁFOROS

1. Objectivo

O objectivo desta nota é definir algumas características a que deve obedecer a instalação de sistemas de controlo de velocidade associados a sinalização luminosa de regulação do trânsito (semáforos), a fim de obter um efeito de acalmia de tráfego, através do controlo de velocidade num troço de via determinado.

2. Descrição

O sistema é constituído por um dispositivo de detecção da velocidade instantânea do veículo, que pode ter por base a utilização de espiras de indução electromagnética embebidas no pavimento ou de radares de efeito Doppler. A velocidade detectada é comparada por um microprocessador com a previamente programada, accionando a luz vermelha de regulação do trânsito de veículos no caso de a velocidade detectada ser superior à programada.

3. Instalação

Independentemente do método de detecção de velocidade utilizado:

3.1. Os sistemas de controlo de velocidade devem ser sempre associados à semaforização de intersecções ou de passagens para peões.

[Pretende-se conferir razoabilidade a este tipo de equipamento através da sua associação a situações em que a necessidade de cumprir um limite de velocidade tem motivos facilmente perceptíveis pelos condutores, contribuindo, deste modo, para a credibilização da sinalização.]

3.2. Os sistemas de controlo de velocidade podem, todavia, não estar associados à semaforização de intersecções ou de passagens para peões em casos devidamente justificados, desde que os semáforos sejam instalados a uma distância igual ou superior a 25 m da intersecção ou da passagem de peões mais próxima, no sentido da circulação, por forma a não criar a ilusão ao condutor de que a mesma se encontra semaforizada.

No caso de ser imprescindível a colocação dos referidos sistemas nos dois sentidos de circulação, os semáforos não devem ser instalados na mesma secção da via, isto é, contidos no mesmo plano perpendicular à via que regulam, devendo estar afastados um do outro, pelo menos, 30 metros.

[Evita-se assim induzir um peão a fazer uma travessia da via, pensando que os veículos se encontram parados nos dois sentidos de circulação].

Os sistemas devem ser instalados de modo a que os veículos que aguardam passagem junto ao semáforo, não impeçam a normal circulação de outros não afectados pelo sistema.

[Por exemplo, junto de cruzamentos, entroncamentos e rotundas.]

3.3. Quando os sistemas de controlo de velocidade estejam associados à semaforização de uma passagem para peões ou de uma intersecção que a contenha, no caso de ser detectado um veículo praticando uma velocidade superior à permitida no local:

- Não é permitido interromper a circulação apenas num dos sentidos, ou seja, sempre que um sistema obrigue à paragem de um veículo circulando num determinado sentido junto à passagem para peões, deve igualmente interromper em simultâneo a circulação no outro sentido.

[Evita-se induzir em erro os utentes da via, pelo facto de, num dos sentidos, o trânsito se encontrar parado].

3.4. Além dos semáforos colocados do lado direito da via, estes devem ser repetidos por cima da faixa de rodagem, em báculo, quando:

- a)** Existir mais do que uma via de trânsito em cada sentido;
- b)** As condições locais não permitirem que os semáforos colocados no lado direito da via possam ser apercebidos à distância conveniente;
- c)** O sistema de controlo de velocidade não estiver associado à semaforização de uma intersecção.

3.5. A sinalização luminosa destinada a regular o trânsito de veículos é sempre constituída por um sistema tricolor, não sendo possível a utilização da luz amarela intermitente em substituição da luz verde.

Os semáforos para veículos devem ser providos de écrans e ter 200 ou 300 mm de diâmetro; o diâmetro do sinal de luz vermelha é sempre de 300 mm, salvo no caso

dos semáforos colocados do lado direito da via, referidos no ponto anterior, isto é, quando tenham associados semáforos em báculo, em que o seu diâmetro pode ser de 200 mm.

3.6. Os sistemas devem ser devidamente aferidos pela entidade gestora da via para que seja regulado eficazmente o cumprimento dos limites de velocidade.

4. Sinalização

Devem ser utilizados os painéis de velocidade controlada (VC1 e VC2) do desenho tipo anexo, sendo o painel VC1 colocado em primeiro lugar no sentido da marcha e sempre associado a sinal luminoso constituído por duas luzes amarelas acendendo alternadamente.

O painel VC1 deve ser colocado a uma distância mínima de 200 metros dos semáforos e o painel VC2, de um modo geral, a 150 m daquele local.

A duração da fase em que é autorizada a passagem de peões no caso dos sistemas referidos em 3.3. deve, no mínimo, corresponder a uma velocidade de marcha dos peões no atravessamento da faixa de rodagem de 1 m/s.

Deve ser respeitado o estabelecido no Código da Estrada e em legislação complementar, sendo de salientar a necessidade de dotar a sinalização destinada a regular o trânsito de peões com avisador sonoro, nos termos do Regulamento de Sinalização do Trânsito.

ANEXO 2 – Catálogos Soltráfego



VIACOUNT / GSM

SISTEMA PORTÁTIL DE CONTAGEM E CLASSIFICAÇÃO DE TRÁNSITO

MD.101.2

DESCRIÇÃO

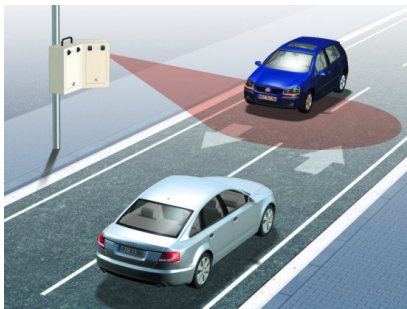
O VIACOUNT é um sistema portátil e compacto de contagem e classificação de dados de tráfego que consiste num radar Doppler, uma base de dados com interface de série RS232 e uma fonte de alimentação com um 1 bateria interna de 12Volt/ 18 Ah.

O sistema mede o número de veículos, a velocidade, o comprimento e o intervalo de tempo de passagem entre veículos na base de dados.

A memória interna guarda os dados recolhidos directamente, arquiva e permite a análise estatística, de acordo com o modo de operação escolhido na programação.

A recolha de dados e o ajuste de parâmetros são feitos por transferência para um terminal de dados (PC, PC Portátil, Palmtop, Pocket PC).

É ainda possível aceder remotamente aos dados através de um modem GSM, para recolha de dados (contagem e classificação) e programação do equipamento. (versão VIACOUNT GSM).



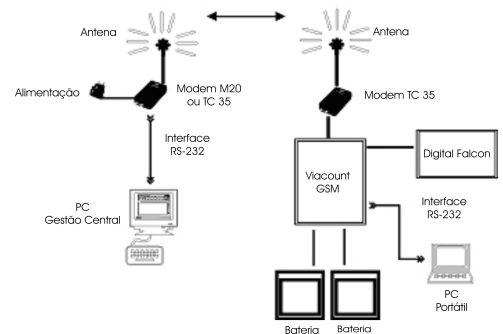
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Medição de veículos num ou dois sentidos
- Medição de:
 - Número de veículos
 - Velocidade de veículos;
 - Direcção
 - Comprimento de veículos.
- Armazenamento de dados de 360.000 veículos (4 MB), expansível a 8 MB ou 16 MB
- Parâmetros
 - 10 classes de velocidade
 - 6 classes de categoria de veículo
- Detecção de viaturas entre 1 e 255 Km/h
- Equipamento móvel em caixa compacta, pequena e resistente
- Alimentação através de bateria
- Interface para transferência de dados
- Software para análise de dados
- Radar e bateria situam-se atrás dos painéis frontais

DIMENSÕES

- Dimensões: 260 x 372 x 234 mm
- Peso: 3 Kg

COMUNICAÇÃO VIA GSM



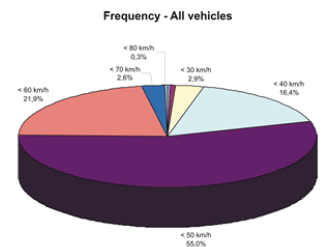
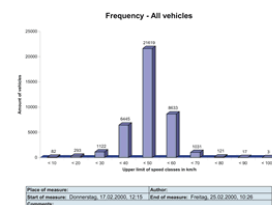
O software utilizado para a comunicação entre o equipamento e um PC de gestão central denomina-se Viacom.

Este software permite gerir até 1000 ViaCounts, criando uma base de dados com os dados de todos os equipamentos instalados. A base de dados é atualizada automaticamente sempre que se acede a um dado equipamento.

ANÁLISE DE DADOS

Classes de Velocidade					
			< 7,5 t	> 7,5 t	
30	0	0	0	1	0
40	0	2	3	2	1
50	1	6	4	4	0
60	3	20	8	8	1
70	4	43	14	9	3
80	3	30	12	5	4
90	2	12	6	4	4
100	1	3	2	2	1
>100	0	1	0	0	0

Examples for data evaluation under MS Excel



Sujeito a alterações sem aviso prévio

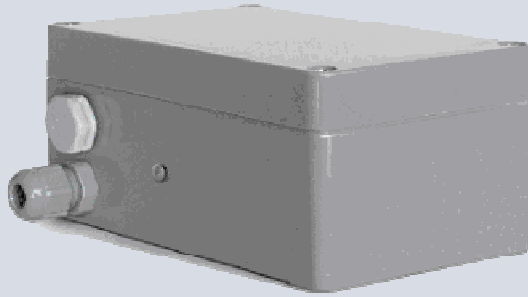


SEDE:
Av. Comendador Ferreira de Matos, 779
4450-125 Matosinhos - Portugal
t. +351 22 939 91 30
f. +351 22 937 69 72

FILIAL:
Rua Camilo Castelo Branco, 9 - 1ºesq
1150-083 Lisboa - Portugal
t. +351 21 314 12 56
f. +351 21 314 12 58

WWW.SOLTRAFEGO.PT
geral@soltrafego.pt




FALCON.BASIC
 DETECTOR DE MICROONDAS

MD.125.0

CARACTERÍSTICAS

Detector de radar controlado por microprocessador para aplicações de detecção de movimento e/ou de velocidade a longa distância. Detecta veículos em aproximação e em afastamento e peões (direcção de detecção ajustável).

Zona curta de detecção com antena de largura de feixe de 12° x 17°. A definição de parâmetros quer pela interface de série RS232, quer manualmente por intermédio de interruptores.

Se o limiar de velocidade é excedido, o detector define um sinal de saída (relé) por um tempo de permanência ajustável. O alcance de detecção é ajustável em 5 passos.

APLICAÇÕES

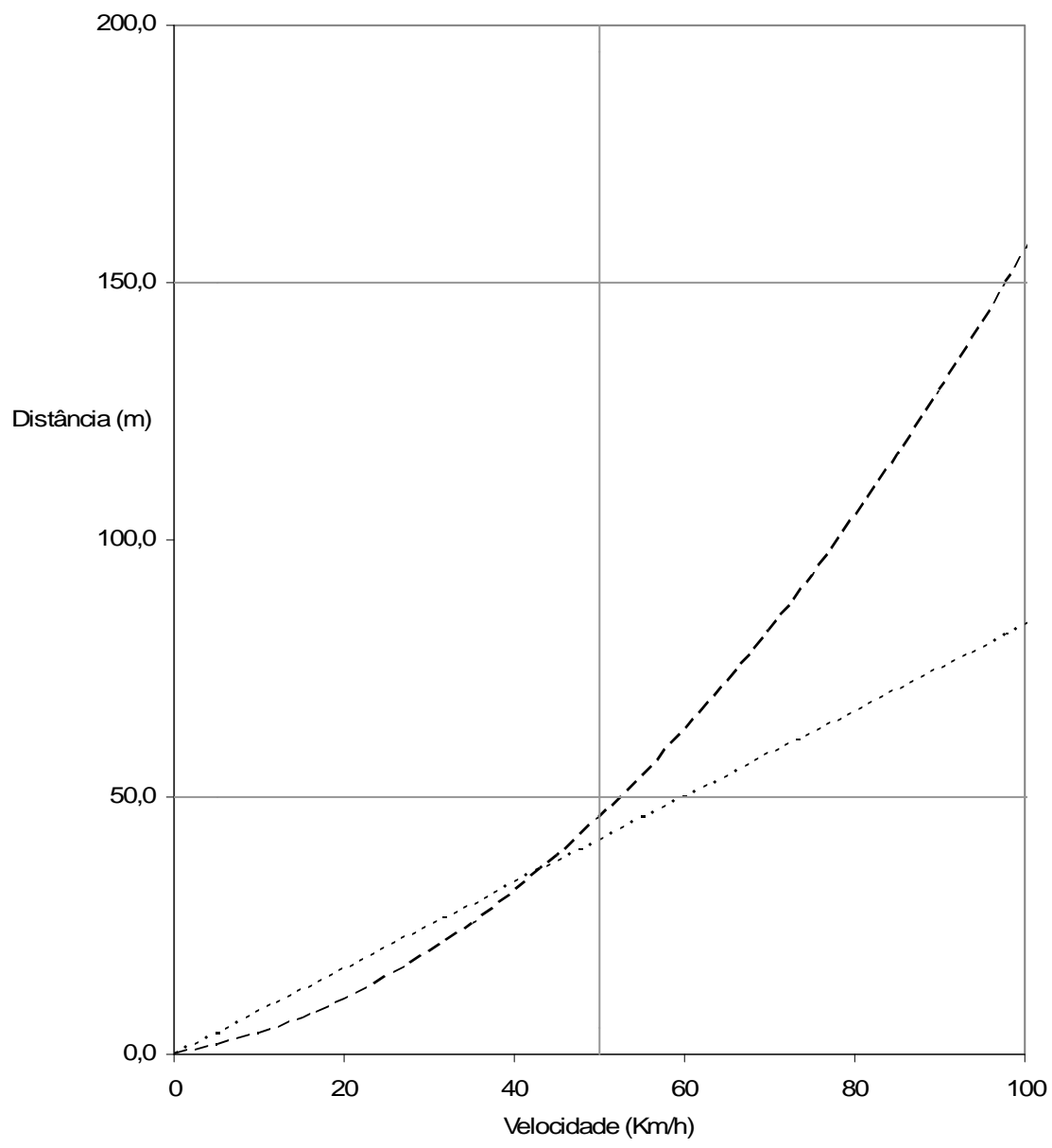
- Sinais de aviso de velocidade
- Sinais de Mensagem Variável (VMS) activados por velocidade
- Detecção de veículos em contração
- Vigilância de caminhos-de-ferro
- Detecção de movimento
- Substituição económica de espiras

DADOS TÉCNICOS

	falcon.BASIC
Tipo de sensor	Radar CW stereo, módulo planar
Tipo de detecção	Movimento
Direcção detectada	Uni ou bidireccional
Antena	Antena de 12° x 17°
Potência e Frequência de transmissão	24.165 GHz / 5mW
Limite de distância detecção (carros)	250m
Gama de velocidade detectada	0.7 – 255 km/h
Alimentação (nom, min, max)	12V / 5.4V – 30V cc
Consumo corrente @ 12V cc	45 mA
Saídas de sinal	1 relé, LED
Saídas de dados	Não
Interface (Standard)	RS 232
Interface (Opcional)	RS 485 ou Interface tty
Protocolo de dados, formato	ASCII, 8N1
Taxa de transmissão de dados	9600 baud
Gama de temperatura de operação	-40° - +70°C
Caixa (A x C x L)	125 x 80 x 57 mm
Classe de protecção da caixa	IP 66
Outras características	Ajuste de parâmetros manual / Protecção de descarga de bateria para sistemas de 6V, 12V e 24V / Interface apenas para definição de parâmetros.
Opcionais	Versão de 230V

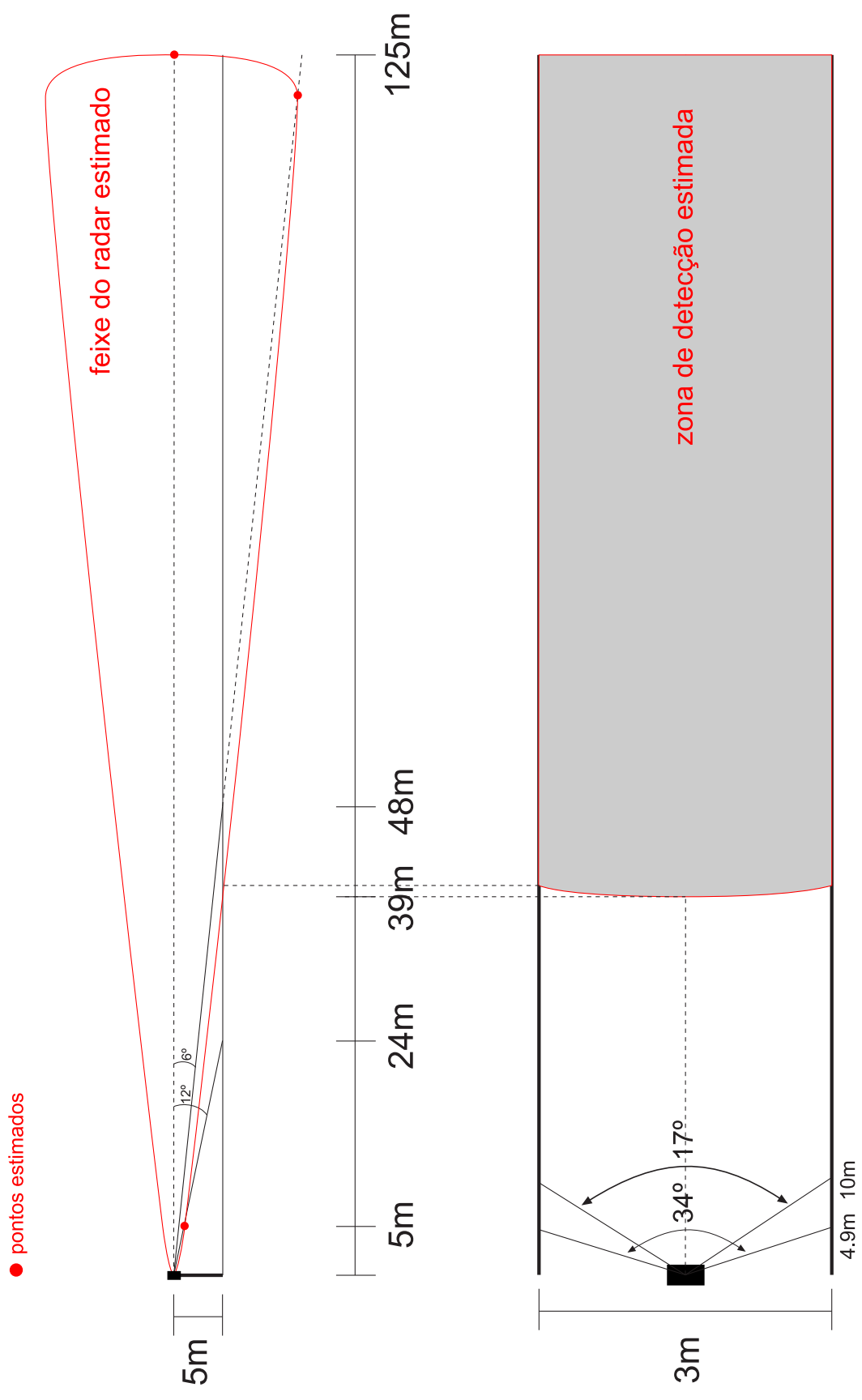


**ANEXO 3 – Distância de travagem e tempo percorrido no
amarelo**



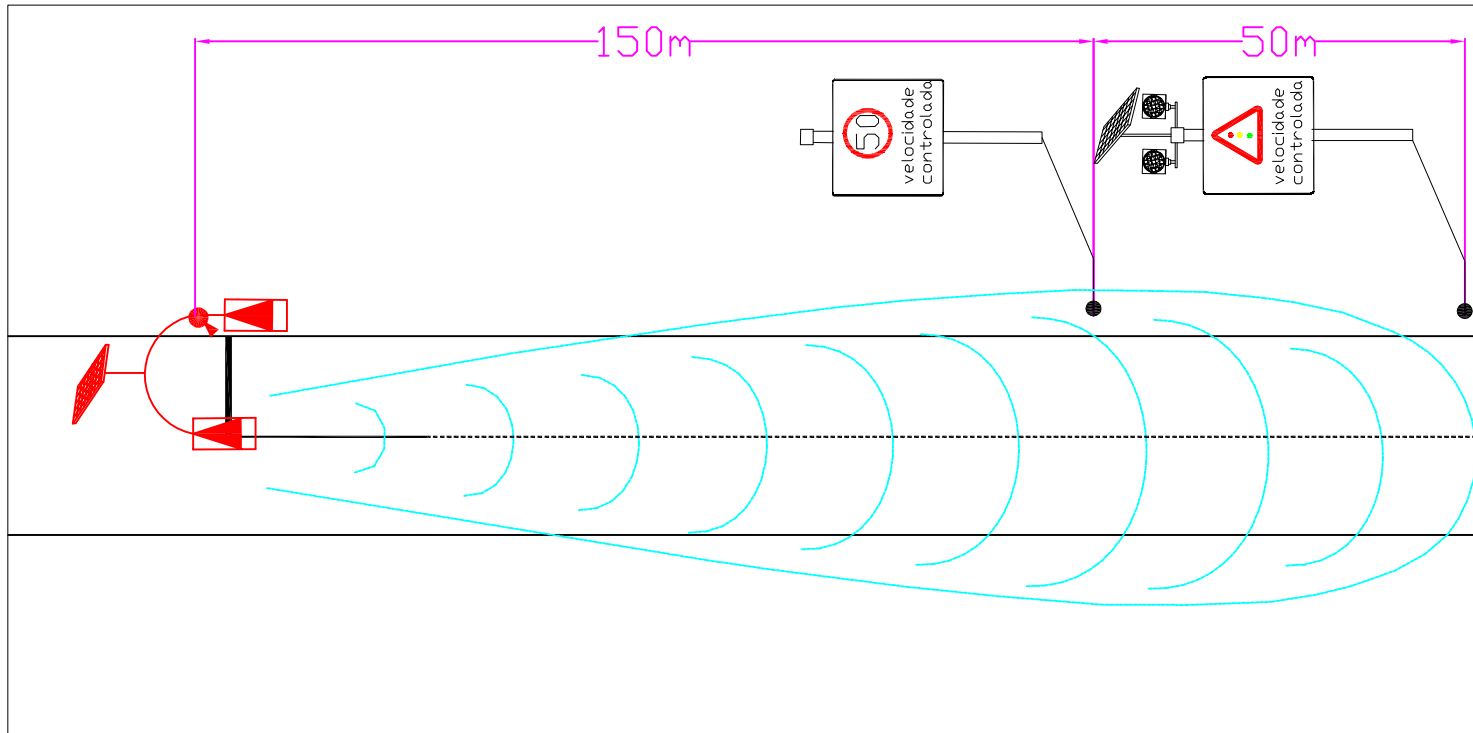
..... Dist. Percorrida durante amarelo (3s) (m)
----- Dist. Paragem(m)

ANEXO 4 – Linha de feixe estimada

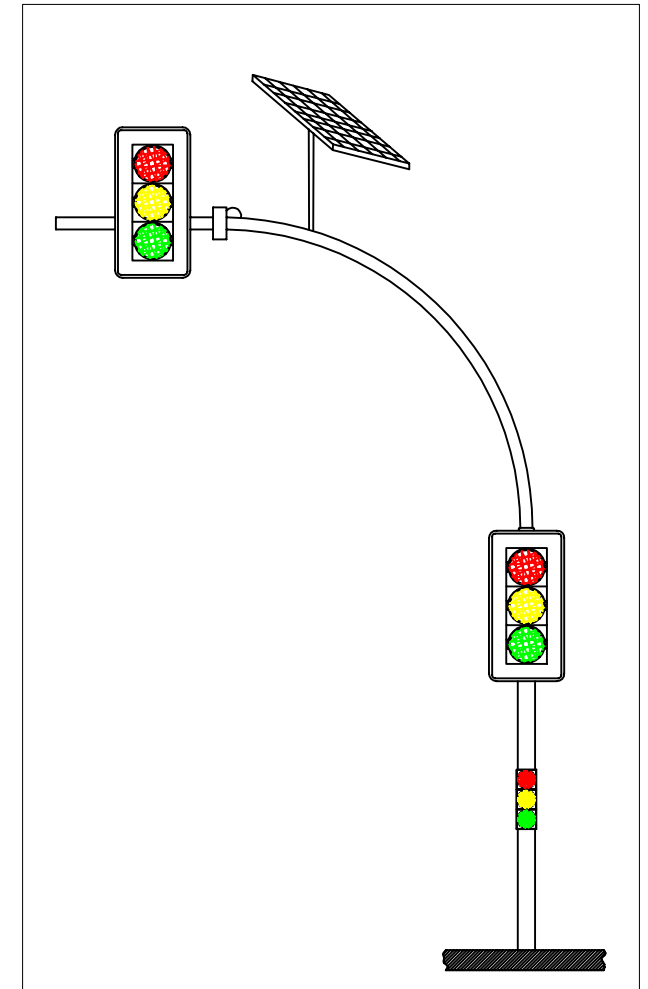


ANEXO 5 – Equipamentos























Esquema Tipo




Equipamento



Legenda

-  Báculo
-  Báculo c/ semáforo tricolor
-  Semáforo Tricolor
-  Semáforo Tricolor c/ seta
-  Semáforo Tricolor c/ repetidor
-  Semáforo Tricolor c/ ecran
-  Semáforo Tricolor c/ ecran e repetidor
-  Semáforo Bicolor
-  Semáforo Bicolor c/ seta
-  Semáforo Unicolor
-  Semáforo Unicolor c/seta
-  Semáforo Unicolor c/silhueta
-  Semáforo de peão
-  Botoneira de peão c/ avisador acústico
-  Botoneira de peão
-  Caixa de comando regulador
-  Caixa de visita 500x500 mm
-  Calote luminosa
-  Valas / Tubo ø 90
-  Espira Electromagnética
-  Painel Solar
-  Microondas

Nº			Av. Comend. Ferreira de Matos, 779 - 4450 Matosinhos Telefone: 22 939 9130 Fax: 22 9376972 e-mail: geral@soltrafego.pt www.soltrafego.pt
Revisão			
Data:			
Pag.			
Desenhou	<h2>Controle de velocidade por microondas c/ alimentação solar.</h2>		
S/Esc.			

