



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

Catarina Garcia de Matos

IMPACTO DE SISTEMAS SEMAFÓRICOS DE CONTAGEM  
REGRESSIVA NO COMPORTAMENTO DOS PEÕES

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de Especialização em Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação, orientada pelo Professor Doutor Álvaro da Maia Seco e co-orientada pela Professora Doutora Ana Maria César Bastos Silva e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Outubro de 2020

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra  
Departamento de Engenharia Civil

Catarina Garcia de Matos

# Impacto de Sistemas Semafóricos de Contagem Regressiva no Comportamento dos Peões

## IMPACT OF TRAFFIC SIGNALS' COUNTDOWN DISPLAY SYSTEMS ON PEDESTRIAN BEHAVIOR

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de Especialização em Urbanismo, Transportes e Vias de Comunicação,  
orientada pelo Professor Doutor Álvaro Jorge da Maia Seco e pela Professora Doutora Ana Maria César Bastos Silva.

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC  
declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Novembro de 2020

1 2  9 0

UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

## AGRADECIMENTOS

Chegar a esta fase da minha formação académica é sentir que está cada vez mais próxima a concretização de um sonho que nasceu quando decidi ingressar no ensino superior e, em especial, neste curso. “Verdes anos chegam ao fim” e sozinha nada disto teria sentido. Assim, deixo os meus sinceros agradecimentos a quem se cruzou comigo nesta caminhada:

Aos meus orientadores, Professores Doutores Álvaro Seco e Ana Bastos por terem sido dois dos docentes por quem nutri a maior das admirações.

Aos meus pais, por serem os impulsionadores desta aventura e por estarem sempre presentes tanto nas horas de maior dificuldade como nos dias boémios. Sem eles, nada disto seria possível. O mesmo serve para agradecer ao meu irmão, assim como agradeço o orgulho, admiração e respeito que sempre teve em relação a mim.

À Inês Ferreira porque, unidas pela praxe, sempre me apoiou, suportou e acompanhou. É a pessoa que precisei e vou sempre precisar para me fazer descer com os pés à terra. É o exemplo de que mudanças de curso não mudam amizades verdadeiras.

À Filipa Ferrão e ao Fabrice Neves, pois são as peças que me faltam para forma um trio unido e de força constante. São o melhor café de todos os dias.

Ao meu avô Fernando, pois partiu antes de me ver defender esta dissertação, mas sempre se orgulhou de me ver estudar nesta nobre academia.

A todos os que durante estes anos me acompanharam tanto em Coimbra como na Lourinhã, em especial à Ana Silva, Raquel Reis, Paula Carvalho, Hugo Fontes e João Santos. Fica ainda um especial agradecimento ao Miguel Martins, pelo apoio na fase inicial deste estudo e por ser o autor de algumas das fotos aqui enquadradas.

## RESUMO

Todos os dias, em todo o mundo, milhões de pessoas deslocam-se a pé. Sabendo-se que os peões se constituem como os utilizadores mais vulneráveis do sistema de transportes, esta dissertação centra-se essencialmente na avaliação da eficácia dos atravessamentos da rede viária e, em particular, nas travessias controladas com sinais luminosos incorporando contagem regressiva.

Para o efeito, este estudo procura avaliar o comportamento que o peão assume face a este tipo de equipamento comparativamente aos sistemas sem contagem regressiva, procurando perceber-se até que ponto estes sistemas apresentam potencial para influenciar o comportamento dos peões e, por esta via, tornar as travessias pedonais semaforizadas mais seguras e apelativas para os peões.

Inicialmente é apresentada uma pesquisa bibliográfica centrada nas travessias com contagem regressiva, designadamente em temáticas como a capacidade de interseções, segurança dos peões, tempos de espera e casos de não acatamento do vermelho.

Posteriormente, foi criada uma base de dados real a partir de contagens efetuadas em diferentes sistemas semafóricos existentes na cidade de Coimbra, a qual suportou o desenvolvimento de um conjunto de análises estatísticas conducentes a um conjunto de conclusões.

Recorreu-se a duas fases sequenciais e complementares de observação comportamental. A primeira fase de recolha de dados permitiu verificar qual o tipo de peão que mais tende a transgredir o sinal vermelho e de que modo as condições oferecidas pela via podem influenciar o seu comportamento. O teste de *t-student* foi usado para testar a existência de fatores explicativos de diferenças comportamentais nomeadamente aos níveis de violação dos sinais luminosos, tendo-se recorrido também para o efeito à aplicação de regressões múltiplas. Já na segunda fase procurou perceber-se se o comportamento do peão difere consoante a hora do dia ou se caminha em grupo ou sozinho. Complementarmente e recorrendo aos mesmos métodos de análise foi verificado se se registam variações significativas entre tempos de espera para casos em que há ou não contagem regressiva nas travessias. De um modo geral, apesar de um estudo deste tipo não permitir tirar conclusões detalhadas e definitivas, foi possível identificar a existência de alguma melhoria comportamental na presença de contagem regressiva.

Palavras-chave: sistema semafórico; contagem regressiva; violação do sinal vermelho; comportamento do peão; atravessamento pedonal; travessia pedonal semaforizada.

## ABSTRACT

Every day, all around the world, millions of people move around by foot. Knowing that the pedestrians constitute the most vulnerable users of the transports' system, this dissertation focuses essentially in the evaluation of the efficacy of the crossings in the transport network and, in particular, in the crossings controlled with light signals embedding countdown display.

For that effect, this study seeks to evaluate the behaviour that the pedestrian takes when faced with this kind of equipment in comparison with the systems without countdown display, seeking to understand to what degree this systems have the potential to influence pedestrian' behaviour and, this way, make the walking crossings with traffic signals safer and more appealing to the pedestrians.

Initially a bibliographic research focused on the crossings with countdown display is presented, namely on topics such as the intersection capacity, pedestrians' safety, waiting times and cases of non-obeying to the red light.

Afterwards, a real database was created taking as starting point counts made in different traffic signals existing in the city of Coimbra, which supported the development of a set of stochastic analysis which led to a set of conclusions.

Two sequential and complementary phases of behavioural observation were considered. The first phase of data collection allowed the verification of which kind of pedestrian most tends to trespass the red light and how the conditions offered by the way may influence his behaviour. The t-student test was used to test the existence of explanatory factors for behavioural differences, namely breaching levels of the light signals, and application of multiple regressions for this purpose too. In the second phase the target was to understand how the behaviour of the pedestrian differs depending on the time of the day or if he is walking in a group or alone. Complementing and recurring to the same analysis methods it was verified that if significative variations between waiting times are registered on cases where there is or there is no countdown display in the ways. In a general way, even though a study like this does not allow taking detailed and definitive conclusions, it was possible to identify the existence of some behavioural improvement in the presence of the countdown display.

Keywords: Traffic signal system; countdown display; breaching of the red light; pedestrian' behaviour; pedestrian crossing; traffic signalled pedestrian crossing.

## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	Relevância do Tema .....	1
1.2	Objetivos e Metodologia Adotada.....	2
1.3	Estrutura da Dissertação .....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1	Introdução .....	4
2.2	Evolução dos Sistemas Semafóricos.....	5
2.3	Conceitos Base e Plano de Regulação .....	6
2.4	Travessia Semaforizadas .....	9
2.4.1	Domínio de Aplicação .....	9
2.4.2	Dimensionamento de Travessias .....	11
2.4.3	Tipologia de travessias simples reguladas por sinais .....	11
2.5	Tipo de detetores.....	14
2.6	Tipos de dispositivos de contagem regressiva.....	15
2.7	A experiência internacional na utilização da contagem regressiva.....	16
2.7.1	Na capacidade da interseção.....	17
2.7.2	Na segurança do peão .....	19
2.7.3	Nos tempos de espera dos peões .....	23
2.7.4	Na percentagem de “não acatamento” do sinal vermelho .....	25
2.8	Considerações Finais.....	26
3	METODOLOGIA DE ABORDAGEM.....	28
3.1	Introdução .....	28
3.2	Recolha de dados .....	28
3.3	Tratamento de dados .....	30
3.4	Locais de estudo.....	31

---

3.5	Caracterização dos estudos de caso.....	31
3.5.1	Avenida Sá da Bandeira .....	32
3.5.2	Rua dos Combatentes da Grande Guerra.....	33
3.5.3	Rua João de Deus Ramos .....	35
3.5.4	Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes .....	36
3.5.5	Rua D. Manuel I (Livraria Almedina/Praça 25 de Abril).....	36
3.5.6	Interseção Estação Coimbra A – Rua António Granjo (Estação A).....	37
3.5.7	Interseção Rua General Humberto Delgado e Rua D. Manuel I .....	38
3.5.8	Interseção Av. Emídio Navarro – Ponte de Santa Clara (Largo da Portagem) ..	38
3.5.9	Interseção Rua Dr. Augusto Rocha .....	39
3.5.10	Síntese das travessias.....	40
3.6	Síntese Metodológica.....	42
4	ANÁLISE DE RESULTADOS .....	44
4.1	Introdução.....	44
4.2	Avaliação do nível de “não acatamento” do semáforo .....	44
4.2.1	Caracterização geral da amostra .....	44
4.2.2	Acatamento do sinal vermelho – variabilidade associada ao local .....	45
4.2.3	Acatamento do sinal vermelho – efeito da faixa etária e género.....	47
4.2.3.1.	Análise Base .....	49
4.2.3.2.	Modelo de Regressão Múltipla .....	52
4.2.4	Influência das Características da Via.....	54
4.2.4.1.	Efeito do Número de Sentidos de Tráfego .....	54
4.2.4.2.	Efeito da Existência de Separador.....	56
4.2.4.3.	Efeito do Número de Vias .....	58
4.2.4.4.	Efeito do Número de vias vs Existência de Separador.....	60
4.2.4.5.	Efeito do Número de Vias vs Número de Sentidos.....	61
4.2.4.6.	Efeito da Extensão Total do Atravessamento .....	62
4.2.4.7.	Influência dos Ciclos em Sistemas de Contagem Regressiva .....	63
4.2.5	Síntese.....	65



4.3	Avaliação do efeito de outros fatores relevantes .....	65
4.3.1	Hora de Ponta vs Fora da Hora de Ponta.....	65
4.3.2	Influência do Movimento em Grupo .....	68
4.3.3	Influência no Tempo de Espera .....	69
4.3.4	Síntese.....	72
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....	74
5.1	Conclusões.....	74
5.2	Trabalhos Futuros .....	75
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo de plano de regulação de uma interseção .....	7
Figura 2.2 – Sequência de indicações luminosas, (Drivingtest@2019) .....	8
Figura 2.3 –Atravessamento semaforizado em 2 fases (Seco et al, 2008) .....	10
Figura 2.4 - Sequência de luzes para peões (Drivingtest@2019).....	12
Figura 2.5 - Passagem do tipo Pelican (Ferreira, A., 2016) .....	12
Figura 2.6 – Zona de deteção (VicRoads, 2004) .....	13
Figura 2.7 - Sequência de luzes Puffin (Drivingtest@2019).....	14
Figura 2.8 - Botoneira.....	15
Figura 2.9 – Travessia pedonal na Ilha da Madeira.....	20
Figura 3.1 - Travessia Av. Sá da Bandeira (TAGV) .....	32
Figura 3.2 - Travessia Av. Sá da Bandeira sentido descendente .....	33
Figura 3.3 - Regulação da Interseção da Rua dos Combatentes.....	34
Figura 3.4 – Travessia na Rua dos Combatentes.....	34
Figura 3.5 – Travessia na Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes .....	36
Figura 3.6 - Travessia na Rua D. Manuel I/Praça 25 de Abril .....	37
Figura 3.7 - Travessia na interseção de frente da Estação Coimbra A.....	37
Figura 3.8 - Interseção das Ruas General Humberto Delgado e Manuel I.....	38
Figura 3.9 - Travessia na Rua Dr. Augusto Rocha (imagem google maps) .....	39
Figura 4.1 – Distribuição da amostra por género e por faixa etária .....	45
Figura 4.2 - % de infrações em travessias com contagem regressivas .....	46
Figura 4.3 - % de infrações em travessias sem contagem regressiva .....	46
Figura 4.4 - % de infratores por faixa etária em sistemas com e sem contagem regressiva ....	51
Figura 4.5 – Influência do número de sentidos de tráfego no comportamento do peão.....	55
Figura 4.6 – Influência do separador central nas infrações ao sinal vermelho.....	58
Figura 4.7 - Nível de não acatamento em função do número de vias.....	60
Figura 4.8 - Influência do efeito conjunto do número de vias com o uso de separador .....	60
Figura 4.9 – Influência do número de vias de tráfego automóvel por sentido .....	61
Figura 4.10 - Relação entre o valor do ciclo e a % de violações ao sinal vermelho .....	64
Figura 4.11 - Comparação do nível de “não acatamento” função do horário .....	67
Figura 4.12 - Nível de “não acatamento” na hora de ponta e fora dela.....	68
Figura 4.13 - % de infrações dependentes do tipo de caminhada e do horário .....	69
Figura 4.14 - Comparação de tempos médios de espera (a) sem contagem regressiva; (b) com contagem regressiva .....	70
Figura 4.15 - Análise do tempo de espera em locais com contagem regressiva .....	72

---

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Tipo de travessia, função da classe da estrada (Autoroads, 1988).....	9
Quadro 2.2 - Resultados do estudo de Spigolon (2010).....	18
Quadro 2.4 – Comparação de comportamento dos peões com alterações de ciclos .....	22
Quadro 3.1 - Localização das travessias analisadas .....	31
Quadro 3. 2 - Quadro síntese das características das travessias estudadas.....	41
Quadro 4.1 - Violações ao sinal vermelho por género e faixa etária em sistemas com contagem regressiva .....	48
Quadro 4.2 - Número de violações ao sinal vermelho por género e faixa etária em sistemas sem contagem regressiva .....	49
Quadro 4. 3 - Base de dados para obtenção do nível de “não acatamento” I.....	53
Quadro 4.4 – Dados de análise das transgressões, função de nº vias e separador central .....	55
Quadro 4.5 - Observações em locais com contagem regressiva para análise do uso de separador central.....	57
Quadro 4.6 - Observações em locais sem contagem regressiva para análise do uso de separador central.....	57
Quadro 4.7 - % de infrações por números de vias em locais com contagem regressiva.....	59
Quadro 4.8 - % de infrações por número de vias em locais sem contagem regressiva.....	59
Quadro 4.9 - Dados do nível de “não acatamento”, função da extensão da travessia.....	62
Quadro 4.10 - Relação do nível de “não acatamento” com o ciclo semaforico .....	64
Quadro 4.11 - % violações em Hora de Ponta - locais com contagem regressiva .....	66
Quadro 4.12 - % violações Fora da Hora de Ponta - locais com contagem regressiva .....	66
Quadro 4. 13 – Nível não acatamento função do período do dia .....	67
Quadro 4.14 - Atravessamentos considerados na análise do tempo de espera.....	70
Quadro 4.15 - Análise do nível de “não acatamento” em função do tempo de espera.....	71

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Relevância do Tema

Com o aumento das preocupações e sensibilidade ambiental e de sustentabilidade, como consequência do sucessivo crescimento do tráfego motorizado em espaços urbanos, o modo pedonal tem vindo a ser cada vez mais valorizado e defendido. Para trajetos curtos, ou articulado com transportes públicos, é, cada vez mais uma alternativa ao automóvel privado. (Seco et al., 2008).

O peão é o utilizador mais vulnerável do sistema de transportes pois, além de não dispor de qualquer tipo de proteção exterior (Seco et al, 2008), assume, por vezes, comportamentos imprevisíveis nos trajetos usados e na forma como caminha (Coelho, 2011).

De acordo com o Programa de Proteção Pedonal e Combate a Atropelamentos da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária – ANSR de 2018 - no período de 2010 a 2016 foram registados 36 649 atropelamentos dos quais resultaram 1034 mortes. Da leitura do mesmo documento, destaca-se o facto de 42% do total das vítimas terem sido atropeladas quando atravessavam passadeiras sinalizadas. Por outro lado, 21% das vítimas eram peões que estavam perante uma das três situações seguintes: surgiram inesperadamente na faixa de rodagem, desrespeitaram a sinalização semafórica ou estavam a atravessar a faixa de rodagem com uma passadeira a menos de 50 metros.

Estes números permitem concluir que a falha humana tende a ser uma das principais causas dos acidentes rodoviários, o que faz com que seja cada vez mais importante estabelecer a ligação entre estas ocorrências e o comportamento assumido pelos utilizadores da via pública, como é o caso dos peões (ANSR,2018)

A avaliação comportamental dos utilizadores da via pública passa a ser tanto mais importante quanto mais crítico é o ponto de conflito. Dos números expostos, as travessias pedonais revelam-se como pontos preocupantes dados os números de atropelamentos que aí ocorrem, e as consequências muito graves ao nível do número de feridos graves e mortos resultantes.

Neste contexto, pretende-se com este estudo avaliar o impacte dos dispositivos de contagem regressiva no comportamento do peão durante o tempo de espera e atravessamento de arruamentos urbanos regulados por sinais luminosos, na expectativa de que a sua utilização resulte, nomeadamente, numa redução de frequência de desrespeito pela sinalização e, assim, indiretamente numa melhoria da segurança pedonal.

Os sistemas semafóricos com contagem regressiva surgem como forma de controlar expectativas e o nível de ansiedade dos utilizadores, dando-lhes a indicação sobre o tempo de espera até obter a fase de verde que lhes possibilita continuar o seu trajeto. Apesar de os sistemas semafóricos convencionais desempenharem um papel notório no controlo e fluidez de tráfego, os mesmos podem traduzir-se em perda de tempo e, por consequência, numa redução da capacidade da interseção. A instalação de temporizadores procura assim contribuir para colmatar essas falhas (Cruz, 2017).

Em Portugal, desconhece-se o desenvolvimento de estudos que avaliem o efeito deste tipo de dispositivo no comportamento dos diferentes utilizadores da via pública. A única exceção conhecida é o trabalho desenvolvido por Cruz (2017), que incidiu sobre a avaliação do impacto dos dispositivos sobre o comportamento do condutor, sendo aqui utilizado como principal referência para esta dissertação.

Neste contexto, a presente dissertação centra-se na avaliação do impacto de sistemas de semáforos com contagem regressiva no comportamento dos peões, baseando-se em recolhas de dados reais *in situ* do comportamento real dos peões face ao sistema.

## 1.2 Objetivos e Metodologia Adotada

O principal objetivo da presente dissertação é avaliar o impacto dos sistemas semafóricos com contagem regressiva no comportamento dos peões, dando especial atenção a peões que desrespeitam a indicação dada pelo sinal vermelho, comparando este comportamento com o que é adotado quando o sistema não oferece esse tipo de dispositivo.

Para atingir esse objetivo, o trabalho assentou em duas tarefas fundamentais: (i) avaliação do impacto da presença do dispositivo no cumprimento do sinal vermelho por parte dos peões e de que modo podem as características da via influenciar esse resultado; (ii) avaliação ao nível de acatamento do sinal vermelho, por parte do peão, na hora de ponta comparativamente ao resto do dia, a influência da caminhada quando o peão caminha isolado ou em grupo e ainda o tempo de espera.

A análise foi baseada em recolhas *in situ* que possibilitaram o desenvolvimento de uma base de dados real que integra um conjunto de variáveis caracterizadoras do comportamento de peões em travessias colocadas em interseções semaforizadas, umas dotadas de sistemas de contagem regressiva, outras não. Essa base de dados suportou a aplicação de diversas técnicas estatísticas e análises de distribuição, tendo-se para o efeito recorrido ao *software Excel*. De forma a testar a significância das diferenças registadas nos resultados, em função de cada variável explicativa,

recorreu-se ao teste *t-student*. O recurso a regressões múltiplas permitiu ainda avaliar a influência associada a algumas variáveis explicativas, bem como o efeito da integração entre cada uma delas.

### **1.3 Estrutura da Dissertação**

A dissertação desenvolve-se ao longo de 5 capítulos.

No capítulo um é feita uma introdução ao tema, abordando as problemáticas existentes no âmbito do trânsito pedonal e focando a atenção nas travessias pedonais reguladas por sinais luminosos com contagem regressiva integrada. É neste capítulo que se introduz o comportamento pedonal como foco de estudo, se definem objetivos e se dá a conhecer a metodologia de análise utilizada.

O segundo capítulo apresentado é dedicado ao comportamento usualmente adotado pelo peão assim como aos conceitos relativos ao funcionamento de sinais luminosos a ele associados, explicados através de estudos de referência.

No terceiro capítulo é feita a apresentação e análise dos resultados obtidos com base nos dados recolhidos e são tecidas algumas conclusões.

Para finalizar, no quinto capítulo resumem-se as principais conclusões retiradas do presente estudo e são apresentadas algumas sugestões para a realização de trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Introdução

Seco, et al (2008) referem que, numa visão tradicional, o modo pedonal era no passado visto como um modo de deslocação secundário e, portanto, menosprezado em detrimento do veículo motorizado, o que se traduziu ao longo do tempo na criação de redes pedonais que nem sempre asseguram elevados níveis de segurança nem de comodidade. Atualmente, a crescente relevância dada aos modos ativos, exige cuidado acrescido na conceção das infraestruturas urbanas destinadas à sua circulação.

Assim, as travessias da rede viária merecem uma especial atenção e preocupação por se constituírem como pontos críticos do sistema pedonal devido à interação peão-veículo (Coelho, 2011). Nesse sentido, durante o tempo de atravessamento de um peão, deve-lhe ser assegurada a máxima segurança e conforto sem prejuízo excessivo e desnecessário de fluidez de tráfego automóvel (Seco et al, 2008).

Zegeer et al (2002) dizem haver inúmeros problemas na segurança dos peões relacionados com más práticas de sinalização dirigida a estes utilizadores da via pública. Referem-se ainda a redução de acidentes envolvendo peões quando utilizados temporizadores nas travessias pedonais semaforizadas localizadas em interseções cujo volume de peões é moderado a alto comparativamente a interseções sem contagem regressiva.

Em Portugal, os sistemas semafóricos com contagem regressiva não têm ainda utilização generalizada, apesar de se notar um rápido crescimento da sua utilização, particularmente associados a travessias pedonais. O facto de ser uma solução ainda de utilização limitada, justifica que também o número de estudos sobre o comportamento dos utilizadores face à presença deste equipamento, especialmente no que toca a peões, se mantenha em número extremamente reduzido (Cruz, 2017).

Este capítulo resume, assim, a análise bibliográfica desenvolvida sobre esta temática, tendo por base referências da especialidade nacionais e estrangeiras. A análise procurou incidir sobre a experiência de utilização deste tipo de equipamento, e na avaliação do seu possível impacto no comportamento dos peões face a travessias sinalizadas sem temporizadores. Ao longo do capítulo são apontados resultados de estudos, assim como conceitos essenciais para um fácil entendimento do funcionamento dos sistemas semafóricos existentes e que serão objeto do presente estudo.

## 2.2 Evolução dos Sistemas Semafóricos

Criado pelo engenheiro ferroviário John Peake Knight, o primeiro semáforo foi instalado em Londres em 1868, altura em que eram voltados maioritariamente para gerir a circulação das carroças. Este equipamento tinha duas lâmpadas a gás (cada uma representativa de uma lâmpada verde e outra vermelha) e era manipulada manualmente por um polícia. Foi retirado do mercado por ter causado a morte a um dos polícias que o manejava, na sequência de uma explosão (circulaseguro@2019).

Em 1914, em Cleveland, nos Estados Unidos da América, EUA, surge o primeiro semáforo elétrico, e em 1920, William Potts, um polícia de Detroit, criou uma fase amarela de forma a permitir aos condutores uma melhor perceção do tempo que ainda teriam até mudança para a fase vermelha.

A primeira alteração nos métodos de controlo de tráfego foi a mudança de planos manuais para sinais automáticos, de tempos fixos, onde eram predefinidos os períodos de paragem e arranque a atuar sucessivamente. No entanto, o sistema apresentava falhas quanto à sua eficiência em interseções onde o volume de tráfego era muito incerto (Xavier, 2008).

Mais tarde, foi incorporada a alteração de duração das fases. Foram ainda adotadas soluções que permitissem a ruas com elevado número de interseções usufruírem de uma programação que criasse uma sincronização de tempos de verde suficiente para permitir a deslocação dos veículos de forma contínua ao longo da série de interseções. Porém, continuavam a existir falhas provenientes de atrasos (Xavier, 2008).

A evolução das estratégias de controlo dos sistemas semafóricos foi permitindo flexibilidade e eficiência na gestão do tráfego (Bonetti e Pietrantonio, 2007). Falar deste progresso é referir uma evolução ao nível da informação que chega ao sistema semafórico, ou seja, a passagem de sistemas de controlo por computação centralizada em que os semáforos são programados consoante um histórico de dados recolhidos no local, para sistemas atuados com base na informação imediata proveniente do local, com um melhor desempenho através da medição dos fluxos medidos por detetores (Xsasz, 1997).

A primeira tentativa de controlo em tempo real surgiu nos EUA nos anos 30 e era sugerido aos condutores que buzinassem para serem identificados por microfones colocados lateralmente à rua. Esta opção foi mal recebida, pelo que se optou por sistemas de contacto elétrico, sistema que se mantém até hoje através de detetores. Em 1935 foi instalado em Londres e Glasgow o primeiro sistema completamente atuado (Xavier, 2008).



### 2.3 Conceitos Base e Plano de Regulação

Os semáforos são dispositivos cuja função é regular o tráfego entre correntes conflituantes e, através de indicações luminosas acionadas por corrente elétrica, transmitir a informação sobre o direito de passagem, quer em interseções, quer noutras seções da via onde possam haver movimentos conflituantes (DENATRA, 2014).

Em geral, os sinais luminosos têm como principais objetivos: diminuir os atrasos, aumentar a capacidade e segurança de interseções onde estão inseridos e equilibrar os níveis de serviço de cada corrente de tráfego envolvida (Gonçalves, 2013). Já do ponto de vista do peão, os atravessamentos pedonais regulados por sinais luminosos permitem que haja uma redução do tempo de espera e que o atravessamento se efetue com velocidades mais baixas. Desta forma, espera-se ainda que a segurança melhore.

Os níveis de serviço das travessias pedonais semaforizadas são avaliados considerando o atraso médio do peão, calculado em função do tempo verde para o peão e a duração do ciclo semafórico, cujos conceitos são definidos adiante. Ao calcular os níveis de serviço, quando o atraso médio do peão supera os 30 segundos nota-se que, tendencialmente o seu comportamento se tende a alterar, mostrando sinais de impaciência, o que o leva a assumir comportamentos de risco (Seco et al, 2008).

As zonas de espera podem também ser avaliadas quanto aos níveis de serviço considerando o espaço que é atribuído ao peão, através do quociente entre o número de peões e a área total disponível para a espera (Seco et al, 2008). Este indicador representa, essencialmente, o conforto oferecido aos peões durante o período de espera.

Para entender melhor o funcionamento de um sistema de sinais luminosos é importante começar por apresentar alguns conceitos base. Consultando o Manual do Planeamento de Acessibilidade e Transportes (2008) tem-se:

- **Fase:** tempo durante a qual todos os sinais luminosos mantêm o mesmo estado, ou seja, pelo menos uma das correntes de tráfego está em movimento e os restantes fluxos estão interrompidos. Quando terminar o direito de passagem de pelo menos uma das correntes de tráfego, a fase termina;
- **Tempo de Transição:** tempo que separa o fim de um tempo de verde e o início do tempo seguinte entre duas correntes de tráfego incompatíveis. O tempo de transição é, assim, constituído pelos tempos de amarelo e de vermelho integral;
- **Tempo de amarelo:** este tempo permite ao condutor perceber que a mudança para sinal vermelho está próxima e deve ser tal que possa percorrer a distância que o separa da

linha de paragem cumprindo o limite de velocidade vigente, caso não lhe seja possível a imobilização do veículo em condições de segurança;

- **Tempo de limpeza:** por existirem correntes de tráfego servidas em fases sucessivas, deve haver um tempo de limpeza, para que todos os veículos das correntes de tráfego que irão perder o direito a passagem possam ultrapassar todos os pontos de conflito com outras correntes de tráfego consigo incompatíveis e que irão iniciar a sua marcha. Este tempo corresponde a um tempo de vermelho para todas as correntes de tráfego e os movimentos pedonais incompatíveis;
- **Ciclo:** refere-se ao intervalo de tempo em que a programação se repete, ou seja, quando a sequência proporciona o avanço de todas as correntes de tráfego. Usualmente, são admissíveis intervalos de tempo de 30 a 120 segundos para os ciclos, de forma a evitar a saturação de interseções ou a possível desobediência quer de peões, quer de condutores. Este valor tende a ser menor quando há um envolvimento significativo de peões, para não estender o seu tempo de espera.

A informação fornecida pelo semáforo, que representa o direito à passagem de determinada secção, é dada pelo sinal verde, que pode ser especificado por:

- **Verde real:** tempo de verde de facto associado a cada corrente de tráfego no plano de regulação;
- **Verde efetivo:** soma do tempo em que o sinal está verde com o tempo de amarelo permitindo a entrada dos veículos no cruzamento (peão, consoante a situação);
- **Verde útil (g):** período em que os veículos efetivamente podem usar para entrar no cruzamento ou em que o peão pode iniciar a sua marcha para atravessar a passadeira. Se se subtrair este tempo ao ciclo, tem-se o tempo de **vermelho útil**.

Para entender melhor todos estes conceitos e em especial a definição de fase, a Figura 2.1 apresenta um exemplo de plano de regulação aplicado a uma interseção, adotando o exposto no *Manual do Planeamento de Acessibilidade e Transportes (2008)*:

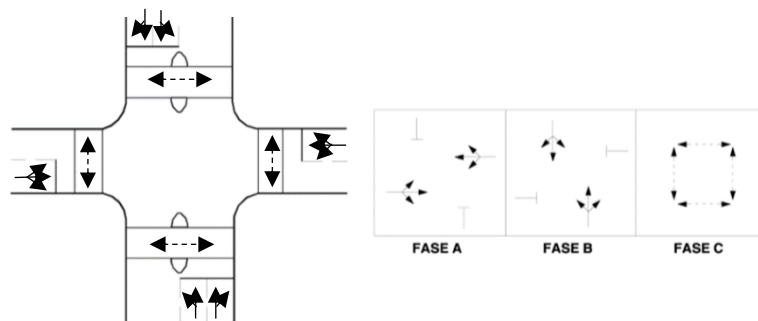


Figura 2.1 – Exemplo de plano de regulação de uma interseção

Em geral, a sequência de indicações luminosas é entendida segundo a Figura 2.2: (a) vermelho para os peões e verde para veículos, informa ambos os utilizadores que há um avanço autorizado para os veículos; (b) vermelho para peões e amarelo para veículos dá a indicação de que em breve será ativada uma mudança de sinal para veículos; (c) sinais vermelhos para todos, aponta para um tempo de limpeza para veículos e peões; (d) há inversão de papéis e há um verde para peões que podem efetuar a travessia, ao contrário dos veículos que veem o seu movimento impedido pelo sinal vermelho; (e) verde intermitente para peões e vermelho para veículos mostra uma situação de alerta para os peões que sabem antecipadamente que em breve perderão o direito à travessia e que não devem iniciar o atravessamento nesse momento; (f) finalmente, há de novo um tempo de limpeza indicado pelo sinal vermelho para ambos os utilizadores.

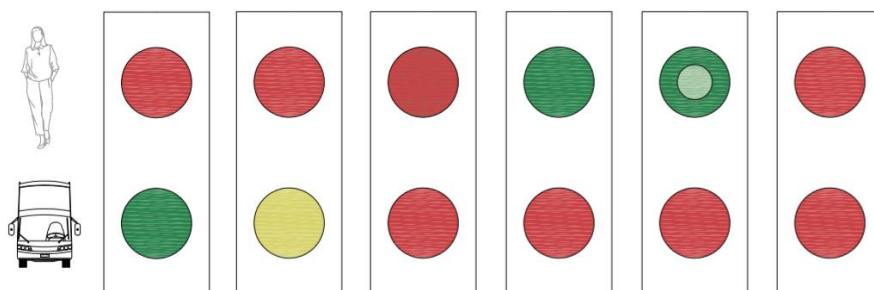


Figura 2.2 – Sequência de indicações luminosas, (Drivingtest@2019)

A sinalização luminosa pode ser influenciada segundo planos de regulação comandados por duas situações distintas: tempos fixos ou atuados. No primeiro, é definida uma sequência fixa de períodos sucessivos e de duração fixa de passagem que se repete inalterável ao longo do tempo. Habitualmente, a programação é feita para responder às exigências dos períodos de maior procura do tráfego, ou seja, para os picos horários. Esta solução apresenta a desvantagem de se tornar menos eficiente caso a procura existente num cruzamento apresente grandes oscilações ao longo do tempo, tornando-se particularmente ineficiente nos períodos em que a procura se afaste consideravelmente dos valores máximos utilizados na programação do equipamento. Para atenuar estas desvantagens é habitual recorrer-se à definição de diferentes planos de temporização adaptados para diferentes períodos do dia, possuidores de distintos padrões da procura, quer do tráfego rodoviário quer do pedonal (Seco et al, 2008).

Uma solução a “tempos fixos” é vantajosa quando os fluxos de tráfego são relativamente estáveis no tempo. Podem ser igualmente utilizados na criação de “correntes de verde” associadas a um movimento ao longo dessa sequência de interseções (Xavier, 2008).

Nas soluções atuadas a alteração de duração e ordem de ativação de um plano é possível, pretendendo-se responder, em tempo real, às variações de tráfego. Este plano tende a ser mais utilizado do que a solução de “tempos fixos”, principalmente em cruzamentos isolados, evitando bloqueios ao adaptar os tempos de verde às variações das correntes de tráfego. No entanto, pressupõe a instalação de sensores para que o sistema obtenha a informação em tempo real. Ainda podem ser distinguidas duas situações: atuada e semi-atuada. Numa solução semi-atuada, os sensores são colocados apenas em algumas das entradas ou movimentos (Gonçalves, 2013).

Este tipo de solução é usualmente incorporado em travessias semaforizadas do tipo *Puffin* e *Toucan*, descritas adiante.

## 2.4 Travessia Semaforizadas

### 2.4.1 Domínio de Aplicação

No dimensionamento de qualquer travessia importa adotar medidas que favoreçam a visibilidade do peão quando este aguarda por oportunidade de atravessamento: reduzir o comprimento da travessia (de exposição de risco), assim como garantir que a velocidade de aproximação do automóvel é a adequada. Em complemento, deve, sempre que se justifique por razões de visibilidade, recorrer-se a sinalização prévia horizontal e vertical.

A opção por uma solução de travessia regulada por sinais luminosos, segundo a *Austroroads* (1988) deve ser devidamente compatibilizada com a hierarquização viária, sendo que, como se pode ver no Quadro 2.1, esta solução é a “normalmente recomendável” em vias classificadas como distribuidoras principais<sup>1</sup>.

Quadro 2.1 - Tipo de travessia, função da classe da estrada (*Autoroads*, 1988)

Tipo de travessia Classe da Estrada	Travessia Desnivelada	Travessia de Nível	
		Passagem pedonal	Semaforizada
Coletora	I	N.A.	II
Distribuidora Principal	II	II	I
Distribuidora local	N.A.	I	II
Acesso local	N.A.	I	N.A.

I – Normalmente recomendável; II – às vezes recomendável; N.A. – não aplicável

<sup>1</sup> Via distribuidora principal: tem função estrutural de serviço da mobilidade e de ligação entre as vias coletoras e as redes locais, e servem também as necessidades de acessibilidade a atividades urbanas nos espaços contíguos. (Seco et al., 2008)

Se uma travessia é regulada por sinalização luminosa e integrada num cruzamento pode ser adotada alguma das seguintes soluções (Seco et al, 2008):

- Em situações de baixo volume de peões, os atravessamentos podem ser efetuados nos períodos sem tráfego num dado ramo da estrada não existindo, assim, sinalização luminosa específica para peões;
- Existência de uma fase exclusiva para peões. Nesta situação há impedimento temporário dos movimentos do tráfego automóvel. Pode, eventualmente, acarretar alguns atrasos penalizando os veículos em relação a situações em que há uma junção de movimentos quer de peões, quer de veículos;
- Criação de fases em que há avanço simultâneo de peões e de movimentos de viragem, com os veículos a dar prioridade aos peões na travessia;
- Solução com atravessamento em duas fases, usando uma ilha de refúgio para o peão esperar em segurança uma fase que lhe permita terminar o atravessamento. Esta solução poderá ser combinada com uma travessia enviesada (Figura 2.3).

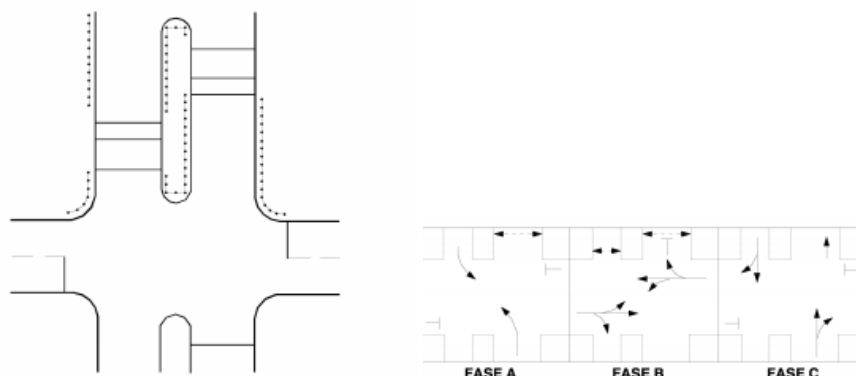


Figura 2.3 –Atravessamento semaforizado em 2 fases (Seco et al, 2008)

- Travessia afastada do cruzamento. Esta é uma solução mais desvantajosa para o peão, no entanto será uma boa solução para situações cuja procura e capacidade rodoviária do cruzamento em causa são próximas.

Os semáforos para peões devem ser implementados sempre que o volume de peões o justifique. Segundo DENATRAN (1979), esse número deve ser acima de 250 peões/h numa via com um volume de tráfego total de 600 veíc/h. No entanto, o FWHA (2003) assume valores diferentes de referência: 100 peão/h na via durante pelo menos 4 horas e um volume de peões no pico a exceder os 190 peões/h.

#### 2.4.2 Dimensionamento de Travessias

Em Portugal, o Decreto-Lei nº163/06 de 8 de agosto prevê que o tempo de sinal verde deve ser tal que o peão consiga efetuar o atravessamento a uma velocidade de 0,4m/s. Contudo este valor não é consensual, por ser algo irrealista e fortemente penalizador do ponto de vista operacional do tráfego automóvel, nem tão pouco semelhante ao previsto em manuais internacionais de referência. Por exemplo, o *Highway Capacity Manual 2010* (HCM 2010) aconselha a que o tempo de verde seja determinado consoante a envolvente do local onde está situada a passadeira. Por exemplo, uma velocidade de 0,91m/s deve ser usada se a população idosa na zona de estudo é superior a 20%; caso contrário, adota-se 1,07m/s (Board, 2000).

Ainda segundo o Decreto-Lei nº163/06 de 8 de agosto, deve ainda ser previsto o rebaixamento do passeio em toda a largura da zona de atravessamento, materializando um desnível máximo de 0,02m em relação à faixa de rodagem. Em alternativa, pode ser elevada a cota de travessia até à cota do passeio como medida de apoio a peões de mobilidade reduzida (Bidarra, 2019).

É, no entanto, consensual que o tempo de verde deve ser dimensionado de forma a que o peão consiga atravessar a faixa de rodagem numa única etapa caso não haja qualquer separador físico que sirva de refúgio para peões. Neste último caso o dimensionamento deve permitir que o peão consiga chegar em segurança a esse separador, mas que a folga não seja tal que incentive a continuar a travessia sem tempo suficiente para chegar ao fim do percurso em segurança (Fornaciari, 2010).

#### 2.4.3 Tipologia de travessias simples reguladas por sinais

##### ➤ Solução *Pelican*

Criada em 1969, no Reino Unido, a passagem para peões do tipo Pelican foi a primeira travessia controlada por sinais luminosos bem-sucedida e, dez anos depois, já existiam cerca de 11 000 passagens deste tipo no território (Hunt e Lyons, 1997).

Este tipo de solução recorre a sinalização luminosa instalada em cada extremidade das passadeiras e tem estipulado um tempo fixo para que o peão possa atravessar a rua. Este tempo de verde para peões é ativado quando o peão aciona a botoneira existente (Seco et al, 2008). Quando o verde está prestes a terminar, é ativado um sinal sonoro que acompanha o sinal de verde intermitente, dando a indicação ao peão que chegue nesse instante para não começar o atravessamento, pois não disporá de um período de tempo que lhe permita atravessar em segurança (Ferreira, 2016).

A sequência de luzes para os peões pode ser facilmente entendida (Figura 2.4), em que num primeiro período “*do not cross*” apenas é acionada a luz vermelha e o peão sabe que não pode atravessar a rua; num segundo período “*cross with care*” é dada a autorização de atravessamento com segurança; por último, um período indicativo de “*do not start to cross*” em que há uma luz verde intermitente indicativa de que o peão não deve iniciar a travessia. Já do lado do tráfego rodoviário, os movimentos são controlados com um sistema clássico de três luzes em que se inclui uma fase de amarelo intermitente, que indica ao condutor que deve adaptar o seu comportamento de forma a parar em segurança e permitir a passagem do peão (Sousa, 2016). Além da presença dos sinais luminosos, este tipo de solução apresenta ainda marcas em ziguezague no pavimento, que correspondem à indicação de proximidade de travessia pedonal e de que os veículos não devem mudar de via, como é perceptível na Figura 2.5.



Figura 2.4 - Sequência de luzes para peões (Drivingtest@2019)

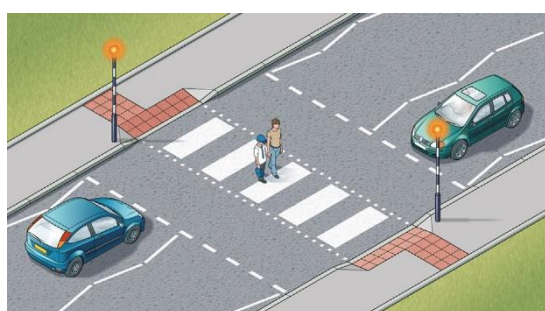


Figura 2.5 - Passagem do tipo *Pelican* (Ferreira, A., 2016)

Seco et al (2008) indicam algumas desvantagens que podem, em alguns casos, ser observadas aquando da utilização deste tipo de passagem pedonal:

- (i) O tempo estipulado para o atravessamento pode ser inadequado para os utilizadores mais lentos;
- (ii) Pode ser causada alguma ansiedade e confusão quando está ativo o verde intermitente;
- (iii) Atrasos para veículos que têm de esperar pelo sinal verde quando o peão solicita a travessia, mas consegue atravessar antes de ter o seu período de verde ou o faz de forma rápida quando este está ativo;
- (iv) Demoras excessivas quando há um tempo mínimo entre fases.

Já quanto ao dimensionamento dos tempos de cada ciclo semafórico, este depende, como regra geral, dos volumes de veículos, peões e características das próprias vias.

### ➤ Solução Puffin

Devido às desvantagens assinaladas acima quanto à utilização da solução *Pelican*, em 1980 foram desenvolvidas soluções do tipo *Puffin*. São várias as semelhanças com as *Pelican*, no entanto esta nova solução recorre a detetores de passeio e atravessamento. Os detetores de passeio têm a vantagem de assinalar a real presença do peão que acionou a botoneira e podem anular essa ação caso o peão efetue o atravessamento antes do sinal verde ser acionado. Já o segundo tipo de detetor verifica a presença de peões na travessia e incrementa, caso necessário, o tempo de atravessamento desta fase (Seco et al, 2008).

Salienta-se a vantagem de haver um prolongamento do tempo de verde, após o tempo mínimo regulado, se ainda houver reconhecimento de presença de peões na travessia ou na zona de espera (VicRoads, 2004).

Ainda segundo a *VicRoads* (2004), é definida uma zona de deteção de atravessamento (Figura 2.6), pode-se verificar que essa zona tem um comprimento mínimo de 16m e uma largura de 4m.

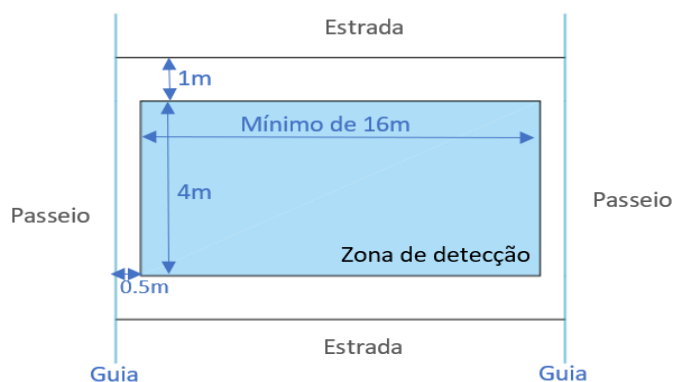


Figura 2.6 – Zona de deteção (VicRoads, 2004)

Relativamente às diferenças verificadas em comparação com a solução *Pelican*, as passagens de tipo *Puffin* não têm uma fase de verde intermitente para os peões, colmatando a desvantagem de criar ansiedade e confusão nos utilizadores.

Na Figura 2.7, é representada uma sequência de luzes atribuída aos peões e aos condutores. Percebe-se que, no sistema *Puffin*, os peões deixam de usufruir de um intervalo de tempo de verde intermitente e passam a ter sinal vermelho no lugar deste.



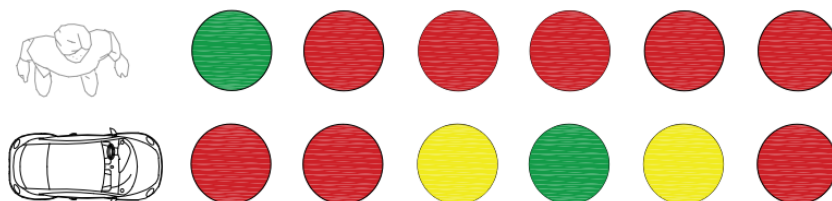


Figura 2.7 - Sequência de luzes *Puffin* (Drivingtest@2019)

### ➤ Solução Toucan

A solução Toucan é semelhante à solução descrita para as passagens do tipo *Puffin*, sendo usada para locais onde haja uma grande afluência de ciclistas. Só deve ser aplicada nesta situação pois requer a instalação de detetores especializados para este tipo de utilizador. É uma solução que traz vantagens quanto à continuidade das ciclovias (Ferreira, 2016).

## 2.5 Tipo de detetores

Foram, até agora, mencionados detetores como dispositivos de deteção de utilizadores aquando da sua chegada a uma interseção semaforizada ou travessia. Os detetores de peões servem, ainda, como medidas de aumento de segurança destes. Focando os tipos de detetores existentes apenas nos peões como utilizadores da via pública, na sua dissertação sobre os peões em contexto urbano, Lima (2014) apresenta alguns destes:

- Botoneira: em Portugal, é o meio mais utilizado para dar a indicação da presença de um peão a um sistema semafórico. Contudo, têm a desvantagem de poder levar a um tempo de espera elevado tanto para peões como para condutores. A alternativa para contornar este incómodo pode passar por detetores automáticos onde o peão é detetado pelo sistema de forma automática (Lima, 2014). Este dispositivo deve estar colocado a uma altura que permita acesso a qualquer peão, sendo recomendável que desde o piso, esteja entre 0,8 a 1,2 metros (Teles, 2007).

Este tipo de equipamento (Figura 2.8), apesar de ser o mais utilizado, não deixa de ter desvantagens: tem custos de instalação e manutenção, que deve ser periódica, são significativos; em segundo, por vezes são observados acionamentos desnecessários pois num intervalo de tempo livre na corrente de tráfego, o peão pode efetuar o atravessamento durante a fase de vermelho podendo ainda o peão não entender como funciona o dispositivo e ignorá-lo; por último, a botoneira não tem efeito imediato e,

havendo um tempo de espera elevado, o peão poderá assumir que o dispositivo não funciona (Silva, 2001).



Figura 2.8 - Botoneira

- **Tapetes de pressão:** o seu funcionamento é semelhante aos detetores de veículos por indução. A presença do peão é detetada só se este se encontrar no tapete (Silva, 2001). Este dispositivo poderá ser utilizado em conjunto com uma botoneira, evitando intervalos de tempos inúteis na fase de atravessamento, por exemplo, quando um peão atravessa antes de ser acionado o sinal verde (Lima, 2014).
- **Deteção por infravermelhos:** são utilizados sensores que detetam automaticamente a presença de peões quando estes se encontram na zona de espera. Esta deteção é feita a partir de alterações na radiação térmica, sendo esta provocada por movimentos que sejam alcançados pelos sensores (Silva, 2001).

Além de detetar os peões na zona de espera, é possível adotar este sistema na própria travessia, sendo possível otimizar a duração da fase, permitindo o atravessamento em segurança ou diminuindo esse tempo quando o peão já concluiu a travessia (Lima, 2014).

- **Deteção por micro-ondas:** este tipo de detetor funciona emitindo uma radiação eletromagnética. Essa energia é refletida pelos objetos que estão dentro do campo de emissão do detetor, detetando o peão através do movimento deste (Silva, 2001).

## 2.6 Tipos de dispositivos de contagem regressiva

Segundo *Lum et Halim* (2006), o temporizador que exhibe uma contagem regressiva de tempo, surgiu inicialmente integrado num sistema convencional de forma a servir de alerta aos condutores e peões sobre o tempo que faltaria para a mudança do sinal.

Considerando os sistemas de contagem regressiva para travessias pedonais, o *Federal Highway Administration*, FHWA (2003) aponta para a existência de quatro tipos de dispositivos adequados:

- **Tipo I:** o dispositivo mostra a contagem regressiva durante o tempo de vermelho para a travessia da rua, concluindo a contagem quando o sinal verde é ligado;
- **Tipo II:** o dispositivo mostra a contagem regressiva durante a fase de tempo de verde, altura em que a travessia pode ser realizada. Esta contagem termina quando começa o tempo de verde intermitente;
- **Tipo III:** o dispositivo mostra a contagem regressiva durante o período de limpeza dos veículos, terminando a contagem antes de ser ativado o sinal vermelho;
- **Tipo IV:** o dispositivo mostra a contagem regressiva durante o tempo de verde e estende-se até ao tempo de limpeza para os veículos. A contagem termina antes do início do tempo de vermelho.

Em Portugal é comum serem adotados sistemas de contagem regressiva durante o tempo de vermelho e sistemas que temporizam o tempo de verde, sendo que esta contagem é feita até ao início do tempo de limpeza, ou seja, tipos I e II, respetivamente (Cruz, 2017).

O tempo exibido pelo cronómetro pode ser visto como medida mitigadora de risco ou como medida de redução de stress para os peões quando estes pretendem atravessar a rua. Num estudo realizado no Estado de Columbia (EUA), os peões mostraram preferir a informação dada pelo temporizador quando este está verde do que quando se apresenta a luz vermelha, ou seja, preferem a utilização dos dispositivos do tipo II aos do tipo I, preferindo a segurança durante o atravessamento que o conforto oferecido pelo mesmo. Quanto a uma segunda questão colocada aos peões utilizadores das travessias equipadas com contagem regressiva, 85,9% destes utilizadores preferiam sistemas com temporizador do que sistemas sem este tipo de auxílio (Arhin et al, 2011).

## 2.7 A experiência internacional na utilização da contagem regressiva

Apesar dos poucos estudos acerca desta temática, alguns foram os autores a publicar e estudar sobre o efeito da alteração de sistemas semafóricos, de situações “sem contagem regressiva” para situações “com contagem regressiva”. Estes estudos são interessantes do ponto de vista da engenharia, no sentido em que avaliam as potenciais vantagens destes sistemas face a diversas temáticas, nomeadamente nas capacidades das interseções, na segurança do peão ou no nível de “não acatamento” do sinal vermelho por parte do peão.

### 2.7.1 Na capacidade da interseção

A par da segurança e conforto, os cruzamentos devem ter características que garantam capacidade rodoviária suficiente para os níveis de procura no local. De notar que as interseções semaforizadas são capazes de acomodar bem as necessidades dos peões, no entanto, isto poderá ser à custa de uma redução da capacidade rodoviária (Seco et al, 2008).

Segundo o HCM 2010, a capacidade de uma via é definida pelo número de veículos ou peões que poderão passar numa seção, num determinado período de tempo e está usualmente ligada a correntes de tráfego. Este indicador depende de fatores como o volume e repartição de tráfego, ambiente e geometria da via e tipo de veículos que aparecem como utilizadores desse local.

Recorrendo ao Método de Webster apresentado no Manual de Planeamento de Acessibilidades e Transportes (2008), caso seja conhecido o débito de saturação,  $s$  (veíc/h), a capacidade da corrente de tráfego é dada pela seguinte equação:

$$Q = s \frac{g}{c} \quad (1)$$

em que “ $g$ ” é o tempo de verde útil em segundos, “ $s$ ” o fluxo de saturação (em veículos por hora) e “ $c$ ” a duração do ciclo, também em segundos. Sendo o tempo de verde útil o período em que os veículos entram no cruzamento dado pela equação (2):

$$g = G - t_{pa} + t_{ap} \quad (2)$$

Com  $t_{pa}$  o tempo perdido no arranque,  $t_{ap}$  o tempo adicional de passagem e “ $G$ ” o tempo de verde real, todos medidos em segundos.

Independentemente da duração do ciclo, os tempos perdidos totais mantêm-se constantes o que leva a que a capacidade de uma interseção tenda a aumentar quando se aumenta a duração do ciclo. Isto verifica-se quando não há alteração do faseamento do plano de regulação adotado, fazendo com que o rácio  $g/c$  aumente quando “ $c$ ” aumenta (Seco et al, 2008).

Na bibliografia internacional são reportados um conjunto de estudos que analisam o impacto dos sistemas de contagem regressiva dirigidos às correntes de tráfego automóvel.

Na Malásia, em 2008, Kidway et al. consideraram três interseções sem contagem regressiva e quatro com contagem regressiva. A capacidade foi analisada através da recolha de dados através de captação de vídeo em períodos diurnos de dias úteis e tendo em conta características geométricas da via e de tráfego idênticas (Kidway et al., 2008).

A avaliação dos dados foi feita através da divisão de casos entre “antes” e “depois” a instalação da contagem regressiva em três vias de trânsito distintas, considerando apenas duas dessas vias pois excluí na avaliação a via de viragem à esquerda, considerando exclusivamente o número de veículos que cruzam a interseção durante a fase verde. Dos resultados comparativos das duas vias, comprovaram que a capacidade da interseção apresenta valores superiores para casos em que há contagem regressiva, apesar de ser uma diferença pouco significativa quando comparada com a “não utilização” do equipamento de contagem regressiva.

Também Spigolon (2010) fez uma pesquisa sobre o uso da contagem regressiva (mostrada aos automóveis) em três cidades do Estado de São Paulo no Brasil. Com base em observações efetuadas em hora de ponta da tarde, Spigolon analisou três semáforos convencionais e três semáforos com indicação do tempo sobrando até à mudança de fase. Como variáveis foram assumidas: *headway*<sup>2</sup> (segundos), tempo perdido no arranque, tempo perdido no final e tempo total perdido (todos em segundos) de forma a verificar como poderia a colocação de temporizador influenciar o desempenho do sistema. Todos os semáforos deste estudo localizavam-se em interseções planas ou com pouca inclinação; fluxo livre e contínuo e em que as manobras referentes a estacionamentos eram quase inexistentes, apenas havia tráfego de automóveis e movimentos de seguir em frente. Os resultados das observações são apresentados no Quadro 2.2.

Destes foi concluído que a utilização deste tipo de equipamento trouxe alguns benefícios relativamente à diminuição dos *headways* e do tempo perdido. No entanto, a diferença destes parâmetros assume impactos pouco relevantes em termos de capacidade da interseção.

Quadro 2.2 - Resultados do estudo de Spigolon (2010)

	São Carlos		Ribeirão Preto		Piracicaba	
	Sem temporizador	Com temporizador	Sem temporizador	Com temporizador	Sem temporizador	Com temporizador
<b>Headway (seg)</b>	2.18	2.23	2.1	2.18	2.1	2.16
<b>Capacidade (veíc/h)</b>	1438	1429	1466	1437	1506	1470

<sup>2</sup> *Headway*: intervalo de tempo entre a passagem de dois veículos consecutivos numa dada seção tendo em conta uma corrente de tráfego. A distância é medida dado um ponto de referência nos veículos durante a dissipação de uma fila de veículos quando controlada por um sinal luminoso (Jacques, 2003).

Estes resultados estão em linha com as conclusões retiradas recentemente no estudo desenvolvido por Cruz (2017) que estudou várias interseções localizadas na cidade de Coimbra, comparando o desempenho de interseções com e sem contagem regressiva. No que respeita a alteração do comportamento do condutor, foi avaliado o impacto de planos de temporização na capacidade de cada interseção, tendo a autora optado por simular este indicador e compará-lo com a capacidade verificada. Em função do tempo perdido, tempo de arranque e tempo de passagem da interseção que com cada um faz par, o processo de simulação passou por verificar como se comportaria cada uma das interseções em estudo se fosse colocado um sistema semafórico diferente. Como conclusão, verificou-se que o tempo perdido no arranque é ligeiramente menor nas interseções providos de sistemas semafóricos com contagem regressiva.

Tal conclusão justifica um ligeiro aumento da capacidade da interseção quando está em causa o sistema de contagem regressiva. Contudo, e se se tiver em conta que a utilização de sistemas de contagem regressiva obriga à adoção de planos de temporização a tempos fixos (quando o uso da contagem regressiva é verificado tanto na fase de verde como vermelho para o tráfego rodoviário), percebe-se que a eficiência global do sistema, em termos de capacidade, é questionável.

### **2.7.2 Na segurança do peão**

A segurança do peão tem sido alvo de inúmeros estudos onde se destaca a sua vulnerabilidade física. Nessa linha de ação, têm sido feitos esforços para que a segurança destes utilizadores possa ser garantida, principalmente nos locais que lhes são destinados, nomeadamente em passadeiras. Uma das medidas já bastante comum em Portugal, é a implementação de luzes intermitentes embutidas no pavimento, fazendo com que os condutores sejam advertidos para a existência de passadeiras e para a possibilidade da presença de peões a efetuar ou com intenção de efetuar o atravessamento da via. Outra medida que visa proteger os peões é a instalação de luzes, igualmente embutidas no pavimento, cuja cor varia entre verde e vermelho consoante o sinal semafórico esteja ou não aberto para os peões atravessarem a via. Exemplo desse equipamento é o instalado em travessias no Funchal, na Ilha da Madeira (Figura 2.9).



Figura 2.9 – Travessia pedonal na Ilha da Madeira

É fundamental avaliar a eficácia deste tipo de medidas implementadas com o intuito de apoio à segurança dos peões.

Relativamente ao uso da contagem regressiva, esta parece aumentar a segurança dos peões, diminuindo os conflitos veículo-peão nas travessias pedonais, o que avalia positivamente o uso deste tipo de equipamento (Ramos, 2007). No entanto, ao compararem interseções com e sem contagem regressiva, Huang e Zegeer (2000), referem aspetos positivos e negativos relativamente ao uso de temporizadores nos sistemas de semáforos quando existem ocorrências de acidentes com peões. Apontam como aspetos positivos:

- Um peão que já está a atravessar a faixa de rodagem nota que o cronómetro está a piscar e tem a perceção de que se encontra na fase de transição. Ao ter esta perceção, o peão tende a apressar a marcha de forma a chegar ao outro lado da rua em segurança antes do sinal vermelho ficar ativo;
- Um peão chega até à zona de espera e observa que a contagem regressiva está prestes a terminar, não lhe permitindo efetuar o atravessamento em segurança. Nesta situação, o peão pode decidir não efetuar o atravessamento e aguardando pelo ciclo seguinte.

No entanto, referem ainda aspetos negativos aquando do uso do mesmo equipamento:

- Se um peão chega à zona de espera e o sinal verde está intermitente, indicando que está a terminar o tempo em que lhe é permitido efetuar o atravessamento, este pode assumir que, se acelerar, esse tempo é o suficiente para chegar ao outro lado da rua e decide atravessar. Ao tomar esta atitude, corre o risco de, ao terminar esse tempo, ser aberta a fase verde para a corrente de tráfego conflituante e ser atingido;

- Do ponto de vista de um condutor que está parado perante o sinal vermelho, pode usar a contagem regressiva que lhe é atribuída como “sinal de partida” e acelera assim que é exibido “zero segundos” no temporizador, ou seja, antes de lhe ser permitido avançar, pois ainda não foi acionado o tempo de verde. Isto pode levar à ocorrência de atropelamentos por ainda existirem peões a atravessar a rua.

Após a análise de dados recolhidos, Huang e Zegeer (2000) concluíram que este sistema integrado de contagem regressiva pode ter efeitos positivos e negativos também no comportamento dos peões, efeitos que podem interferir de forma favorável ou não na sua segurança. Destaca-se, então, que comparando com sistemas semafóricos convencionais, a segurança pode ser posta em causa dado que neste estudo se concluiu que os peões tendiam a violar a restrição imposta pelo sinal vermelho. No âmbito desta dissertação, procura-se testar esta tendência, estudando o que acontece na cidade de Coimbra.

Contrariando o objetivo deste equipamento, o mesmo estudo indicava que os peões que chegavam à zona de espera quando ainda faltavam 20 a 25 segundos para terem o sinal que lhes permitia avançar, tendiam a procurar uma oportunidade de atravessamento em vez de acionarem a botoneira ou de esperar pelo sinal de verde. Isto, caso ocorra generalizadamente, assume impactes negativos em termos de segurança rodoviária.

Huang e Zegeer (2000) deixam como recomendação que ao invés de sinais de contagem regressiva devia ser ponderada a adoção de alternativas mais eficazes para melhorar a segurança dos peões nas interseções sinalizadas, nomeadamente:

1. Intervalos de tempo mais longos para as fases dos peões, assumindo como velocidade de caminhada<sup>3</sup> 0,9 ou 1,1 m/s ao invés de 1,2 m/s, principalmente em locais onde exista uma percentagem de peões idosos mais elevada;
2. Fase exclusiva para peões nas interseções, com todo o tráfego automóvel interrompido, para que os peões pudessem atravessar em qualquer das travessias existentes na interseção ou até na diagonal, como se de uma plataforma se tratasse. Isto apenas seria possível em locais onde as velocidades e volumes de veículos fossem baixos e os volumes de peões elevados.

Botha et al (2002) apresentam um estudo realizado em São José, na Califórnia, em que foi feita uma avaliação do comportamento dos peões face à instalação de temporizadores regressivos indicativos do tempo que estes têm para terminar o atravessamento da rua. O objetivo do estudo

---

<sup>3</sup> Considerando a legislação dos EUA



era verificar o número de pessoas que transgrediam o sinal vermelho ou ainda que iniciavam a marcha durante o tempo de limpeza. Concluíram que, após a instalação da contagem regressiva, diminuiu o número de peões que, durante o vermelho, esperam pelo sinal verde para efetuar a travessia, ou seja, houve um aumento de peões a atravessar no vermelho, assim como no tempo de amarelo ou de limpeza, ao contrário do que seria desejável e que contraria o objetivo do uso deste tipo de equipamento.

Keegan e O'Mahony (2003) observaram uma interseção em Dublin para avaliar o impacto no comportamento dos peões aquando da instalação de dispositivos de contagem regressiva, sendo que a metodologia usada passou por comparar o funcionamento da interseção antes e após a colocação desse cronómetro. De notar que a interseção estava equipada pelo cronómetro de "tipo I", ou seja, associado ao tempo de vermelho, mostrando ao peão o tempo que ainda falta até poder atravessar. Para avaliar a segurança, o estudo teve especial atenção ao número de peões que iniciam o atravessamento quando o sinal ainda está vermelho.

Verificou-se que havia uma descida dos números relativos aos peões que adotam este comportamento, sendo que antes da instalação da contagem regressiva 35% dos peões iniciava a caminhada antes de lhes ser permitida, contra apenas 24% após esta instalação.

Ainda nesse estudo, Keegan e O'Mahony (2003) avaliaram a influência da duração do ciclo no comportamento do peão. Foi analisada a duração do ciclo na programação semafórica local e, ao comparar um ciclo de 106 segundos com um ciclo de 77 segundos, os resultados foram evidentes (ver Quadro 2.3):

Quadro 2.3 – Comparação de comportamento dos peões com alterações de ciclos

Ciclo	% peões que atravessam no vermelho	
	Antes da contagem regressiva	Depois da contagem regressiva
106 segundos	41	35
77 segundos	26	24

Assim, apesar da dimensão da amostra ser extremamente reduzida e por inerência não ser generalizável, é evidente uma tendência clara de aumento do nível de acatamento do sinal verde à medida que diminui a duração do ciclo independentemente do tipo de sistema, sendo que o sistema de contagem regressiva parece ser particularmente mais eficaz em ciclos semafóricos longos.

Já Hooper *et al.* (2007) concluem que a instalação de equipamento de contagem regressiva pode levar a um aumento da segurança em interseções quando colocados nos locais adequados. No

entanto, deixam o aviso de que há também um aumento de peões a assumir comportamentos de risco. O seu estudo, realizado em Auckland (Nova Zelândia), baseou-se na recolha de dados referentes a três períodos distintos: antes da instalação de temporizadores, imediatamente após a instalação (uma semana após), e no período de um a três meses pós instalação.

Associou-se a instalação de temporizadores a várias possíveis mudanças no comportamento do peão face à travessia, tendo sido testadas as seguintes hipóteses:

- “Não há alterações” significativas no número de ocorrências de peões que iniciam a caminhada enquanto é exibido o tempo de limpeza;
- Há diminuição dos conflitos entre peões e veículos;
- Há redução do número de peões que abortaram a tentativa de atravessamento ou que tiveram de completar a travessia a correr.

A primeira hipótese não foi totalmente confirmada, já que na interseção da *Quay Street* houve um aumento na proporção de peões na estrada durante o tempo de vermelho, embora tenha acontecido o oposto no cruzamento *Queen Street/ Victoria Street*. A hipótese que colocava em estudo os conflitos entre peões e veículos veio a constatar que, não havendo um número significativo de ocorrências deste tipo, não houve uma mudança expressiva após as recolhas de dados e efetuados os estudos estatísticos. Por fim, a última questão levantada, referente ao número de peões que teriam de adaptar a velocidade de marcha para concluir o atravessamento ou que teriam de abortar a sua tentativa, não sofreu alterações após a mudança do equipamento.

Dos questionários realizados no âmbito do mesmo estudo, a maioria dos peões entrevistados também confirmaram que foram modificando o seu comportamento após as novas exibições dos sinais luminosos, sendo dedutível que a segurança do peão é aumentada, pois a mensagem transmitida pelo sinal ao peão tende a ser bem entendida, segundo uma percentagem de 93 a 97% dos inquiridos.

### **2.7.3 Nos tempos de espera dos peões**

De todo um conjunto de atributos gerais que as travessias pedonais exigem, é descrito que se deve considerar que um tempo de espera muito longo pode induzir o peão a assumir comportamentos de risco. Assim, importa garantir uma harmonia entre o tempo de espera previsto e o número de oportunidades de atravessamento adequado (Seco et al. 2008).

O nível de segurança do peão, abordado na seção 2.7.2, pode ser ainda relacionado com o risco a que este está sujeito ao ter intenção de atravessar a faixa de rodagem. Uma das formas de quantificar esse risco será a partir do tempo de espera imposto pela semaforização (Buchanan, 1963). Quanto maior o tempo em que um peão espera por uma oportunidade para atravessar, maior será o risco a que este está exposto, pelo grau de impaciência que possivelmente possa ser gerado. Para avaliar o tempo de espera como fator impulsionador de comportamentos de risco por parte do peão, podem estar variáveis como a extensão da travessia ou o volume de tráfego automóvel (Ribeiro, 2010).

A forma como o tempo de espera é encarado pelo peão pode ser influenciado por vários fatores. A pressão em viagem, devido ao carácter de urgência da mesma pode ser um desses fatores. Quando o peão tenciona atravessar a estrada pode optar por comportamentos de risco associados às próprias condições locais:

1. Espera a oportunidade de atravessamento aproveitando um intervalo de tempo que considere suficiente, eventualmente por ter conhecimento do ciclo semafórico;
2. Não existe um intervalo de tempo suficiente para que o peão atravesse com segurança a travessia durante o vermelho, mas este arrisca e adota uma marcha apressada enquanto efetua o atravessamento;

E uma terceira opção pode ser levantada: o peão assume como seguro o atravessamento se este se inicia imediatamente após a passagem do veículo e não avista outro.

Quanto ao tempo que os peões parecem considerar aceitável para ter oportunidade de atravessamento, amostras retiradas de observações efetuadas em Pequim, em 2007, referem que os peões que esperam pelo sinal verde, esperam na berma da estrada de 0,28 a 6,33 segundos (Jiangang et al. 2007).

Ainda no mesmo estudo, admite-se que a decisão de atravessar ou não a rua depende do género, finalidade da viagem e até das condições climatéricas.

Botha et al. (2002) estudaram quatro interseções na Cidade de S. José, na Califórnia, e compararam comportamentos “antes e depois” da instalação da contagem regressiva nos sistemas semafóricos. O estudo avaliou a influência desta alteração no número de peões a iniciar o atravessamento durante o tempo de limpeza dos peões e que chegam ao fim do atravessamento já na fase vermelha para atravessamento pedonal.

Usando como indicador de desempenho o número de peões que iniciou o atravessamento da via durante o sinal vermelho, verificou-se que este número baixou após a instalação da

contagem regressiva. No entanto, o número de peões a iniciar a marcha para atravessamento durante o tempo de limpeza dos peões aumentou em todas as interseções estudadas, o que pode significar que os peões não fizeram uma correta interpretação da informação que lhes era transmitida. Com este estudo, verificou-se, finalmente, que existiam menos peões em espera pelo sinal verde, o que poderá não significar menos tempo de espera, mas ser justificado com o aumento de atravessamentos em tempo de limpeza.

#### **2.7.4 Na percentagem de “não acatamento” do sinal vermelho**

Vinay (2012) comparou os comportamentos dos peões após a instalação de contagem regressiva numa travessia em San Diego, tendo como base um estudo realizado em 2005 em que o sistema semafórico ainda não incorporava temporizador.

A recolha de dados foi suportada por registo vídeo. Dos resultados obtidos verificou-se que os peões que começam e terminam o atravessamento com o sinal vermelho são, entre a população jovem, maioritariamente do sexo masculino. Já na população mais idosa não foi encontrada uma diferença significativa quanto ao sexo neste tipo de violação ao sinal vermelho. No entanto, é ainda indicado que desportistas tendem a violar o sinal vermelho mais regularmente que peões comuns.

Quanto ao número de peões que entra na travessia numa fase em que abre o sinal vermelho, mas conclui o atravessamento numa fase verde para peões, verificou-se que os homens mais jovens tendem a cometer mais esta infração comparativamente aos mais velhos. Já quanto aos peões do sexo feminino, não se registou uma diferença significativa. Também neste caso se concluiu que os desportistas tendem a violar mais a indicação do que os peões regulares.

O estudo foi realizado com o objetivo de ser analisado o comportamento dos peões durante horas de pico. No entanto, as violações não pareceram mostrar uma diferença expressiva face a horários fora do pico.

A contagem regressiva neste caso veio mostrar que o número de peões que começou e terminou a travessia com o sinal vermelho sofreu uma redução. No entanto, teve maior significância nas passeadeiras cujo trajeto é mais longo, sendo que em travessias com um trajeto curto a redução não se fez sentir. Teve, no entanto, um efeito indesejável de aumento do número de peões a começar a travessia no sinal vermelho, sabendo que chegaria ao fim da travessia já com o sinal verde.

## 2.8 Considerações Finais

Andar a pé, sendo um modo de deslocação cada vez mais utilizado, deve merecer a preocupação crescente por parte dos gestores da via pública, dada a vulnerabilidade do peão, designadamente em situação de conflito com veículos automóveis. Com o avanço tecnológico surgem no mercado dispositivos capazes de apoiar o atravessamento, procurando aumentar a segurança e controlar os níveis de ansiedade durante o período de espera (Ramos, 2007).

O desempenho do sistema em locais onde são utilizados semáforos com contagem regressiva foi objeto de análise ao longo do capítulo fazendo referência a trabalhos científicos em que, de forma geral, foram comparadas situações com e sem temporizador, nomeadamente no âmbito de temas como: a capacidade de interseções; segurança dos peões; tempos de espera dos peões e percentagem de “não acatamento” do sinal vermelho.

No que respeita à capacidade, os diversos estudos são consensuais ao concluir que não há alterações significativas nas interseções analisadas. No entanto, poderá haver benefícios associados à redução do tempo perdido no arranque, melhorando a fluidez do tráfego e a redução de stress na condução.

Parece, também, claro que a segurança do peão passa, em grande parte, pelo entendimento da informação transmitida por cada sinal, já que o seu deficiente entendimento poderá resultar em comportamentos desadequados com implicações na segurança do peão. Dos estudos apresentados, destaca-se o facto de essa segurança poder ser aumentada caso haja redução do ciclo pois, pelos estudos apresentados, leva a menos violações do vermelho. Contudo, esta medida não é de todo suportada por Kidway et al (2005) por admitir que esta medida acaba por diminuir a capacidade rodoviária das interseções.

Quanto à questão das violações do sinal vermelho pelos peões, em estudo realizado por Hooper et al (2007) conclui-se que a violação do sinal de vermelho parece não sofrer variações significativas face ao sistema semafórico, com ou sem contagem regressiva. Esta conclusão não coincide com o estudo realizado anteriormente por Botha et al (2002), que afirmam ter havido um aumento do respeito pelo sinal vermelho quando passou a existir nas travessias um sistema de contagem regressiva.

Por outro lado, não existem ainda resultados conclusivos acerca dos tempos de espera já que estes poderão ser, como dito anteriormente, influenciados pelo entendimento que os peões têm ou não da informação que lhes é fornecida.

Por último, há estudos que procuram entender quais os principais fatores que influenciam a taxa de violações do sinal vermelho. Aponta-se que os indivíduos do sexo masculino e os mais jovens são os que mais iniciam o atravessamento caso saibam que o trajeto termina de forma

legal. Quanto a outras situações não se verificam grandes discrepâncias entre género ou faixas etárias num estudo levado a cabo por Vinay (2012).

## 3 METODOLOGIA DE ABORDAGEM

### 3.1 Introdução

Os sistemas de contagem regressiva incorporados em semáforos destinados aos peões surgem como forma de controlar as expectativas e a ansiedade dos utilizadores, nomeadamente face ao tempo de espera para obtenção do direito de passagem. O presente estudo tem como principais focos: (1) avaliação do impacto da presença desta solução no acatamento do sinal vermelho, por parte do peão; (2) identificação dos fatores que mais influenciam o comportamento do peão; (3) avaliação do efeito da duração do período de espera nesse tempo de acatamento, em função de um conjunto alargado de fatores.

De forma a atingir esses objetivos, é definida uma estratégia que segue como linhas condutoras: (1) seleção de locais de recolha de dados abrangendo sítios que dispõem de dispositivos de contagem regressiva, bem como locais providos de sistemas semafóricos convencionais sem contagem regressiva, de forma a potenciar análises comparativas; (2) aplicação de diferentes técnicas estatísticas; (3) análise dos dados e conclusões.

Neste capítulo são, primeiramente, expostas as referências relativas à área de estudo, aos locais selecionados e às características prevalentes em cada local. São apresentadas detalhadamente as sessões de recolha de dados de apoio às análises comparativas e, por fim, são apontados os fatores explicativos e de desempenho que servem de base aos resultados apresentados no capítulo 4 e que resultaram da utilização do teste de t-student para testar a existência desses fatores assim como de uma aplicação de regressões múltiplas.

### 3.2 Recolha de dados

O objetivo da dissertação é focado na análise do comportamento dos peões pelo que o levantamento de dados foi direcionado para este tipo de utilizador da via pública. Apesar de ser expectável que o comportamento dos peões possa ser influenciado pelo volume e velocidade dos veículos que com eles conflituam, no âmbito deste estudo, apenas se avalia o comportamento do peão, sem o combinar com o efeito do tráfego.

A falta de estudos nacionais, já mencionada anteriormente, sobre a eficácia da contagem regressiva em travessias pedonais faz com que numa análise como a pretendida nesta dissertação, em que o foco central é a observação do comportamento do peão em sistemas deste género, o levantamento de dados assuma uma enorme importância e implique um planeamento prévio eficaz.

Por uma questão logística as sessões de recolha foram limitadas à cidade de Coimbra. Dado que Coimbra, à semelhança de outros centros urbanos, apresenta dois períodos de ponta associados a condições mais críticas de funcionamento: hora e pico da manhã e hora e pico da tarde, estes foram os horários estipulados para a primeira recolha de dados. A primeira no intervalo de tempo entre as 8h00 e as 9h30 e a segunda entre as 17h00 e as 19h00, englobando as deslocações pendulares de casa para trabalho e escolas e respetivos regressos no final do dia.

Para o efeito, estabeleceu-se uma duração das sessões de 30 minutos em cada local, segregadas em intervalos de 5 minutos. Com estes intervalos de tempo garante-se que durante esse tempo as condições de tráfego e volume de utilizadores se mantêm relativamente estáveis.

Foram seleccionados 10 locais para avaliação, todos inseridos no centro da cidade ou em acessos de entradas/saídas da mesma, de forma a ser possível uma comparação de comportamentos consoante o local e as condições de cada travessia analisada. Os locais são identificados no Quadro 3.1 e caracterizados detalhadamente na seção 3.4.

Na primeira fase de recolha de dados, além das condições de tráfego estáveis, foi igualmente importante salvaguardar existência de condições meteorológicas favoráveis. Assim, as sessões foram realizadas em dias úteis dos meses de abril e maio de 2019. As observações foram registadas manualmente em papel.

Quanto às características dos peões, estes foram classificados em função da faixa etária e do género. Para as faixas etárias foram analisados três grupos distintos: idade inferior a 30 anos; entre 30 e 65 anos e superiores a 65 anos. Importa realçar que a classificação por faixa etária se baseou numa avaliação visual, podendo envolver erros de avaliação.

Durante a fase preliminar de análise de resultados foi evidenciada a potencial relevância de outras variáveis, tais como (1) influência dos peões caminharem isolados ou em grupo; (2) influência do instante em que o peão chega à proximidade da travessia, durante o período de vermelho, associado à decisão para atravessar ou esperar pelo sinal de verde; (3) variação dos resultados em hora de ponta ou fora deste horário.

Posteriormente, foi feita uma sessão de recolha de dados complementar que permitiu suportar respostas a estas questões. Essa nova sessão foi efetuada recorrendo a observação de vídeo e decorreu durante o mês de julho de 2019, incidindo igualmente sobre travessias da cidade de Coimbra. Esta nova recolha foi registada por captura de vídeo.

A comparação de resultados relativa à avaliação da influência do comportamento quando o peão se encontra em grupo ou caminha sozinho foi baseada em recolhas onde se mantiveram as condições da primeira recolha: em hora de ponta e nos mesmos locais. O mesmo foi assumido



para a questão relativa à análise do período de vermelho ocorrido quando o peão chega à proximidade da travessia.

A avaliação comportamental dentro e fora da hora de ponta foi baseada em novas observações efetuadas nas mesmas travessias já observadas anteriormente. Foi ainda mantido o horário de observação em hora de ponta, sendo que fora desses picos foram analisados os períodos entre as 9h30 e as 11h30 e entre as 15h00 e as 16h30.

### 3.3 Tratamento de dados

A análise dos dados, designadamente a avaliação das diferenças registadas nas travessias com ou sem contagem regressiva, foi testada recorrendo ao teste de *t-student* assim como a regressões múltiplas.

Considerando um nível de confiança de 95%, foi determinada a medida de evidência p-valor, que representa a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que aquela observada em uma amostra aleatória de uma população quando a hipótese nula é verdadeira. Ou seja, o p-valor é o menor nível de significância para o qual se rejeita a hipótese nula (Morais, 2002). Na área do comportamento dos peões, resultados com nível de significância de 0,05 (probabilidade de erro de 5%) são considerados estatisticamente relevantes.

Por sua vez, as análises de regressão potenciam a avaliação das inter-relações entre uma variável dependente e uma ou várias variáveis independentes explicativas, representadas por uma formulação matemática (Henriques, 2010).

É importante referir que as variáveis independentes que têm impactos sobre a variável dependente, sendo assumidamente independentes entre si, fazendo com que o seu efeito conjugado seja obtido por uma simples adição dos efeitos individuais estudados.

Sendo  $X_1, \dots, X_k$  as variáveis independentes que se pretende relacionar com a variável dependente  $Y$ , o modelo de regressão linear múltipla é genericamente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k \quad (3)$$

E em que os coeficientes  $\beta$  são os parâmetros estimados pelo método.

Com a aplicação do método é, ainda, possível determinar um coeficiente de determinação,  $r^2$ , que define a proporção da variação da variável dependente,  $Y$ , explicada pelo conjunto das variáveis independentes,  $X_1, \dots, X_k$  (Loureiro e Gameiro, 2011). O método será realizado com recurso às funcionalidades do Excel.

### 3.4 Locais de estudo

Em Portugal ainda é limitado o número de centros urbanos que dispõem de sistemas semafóricos com contagem regressiva em passadeiras, embora a sua utilização tenha vindo a aumentar rapidamente. Optou-se por selecionar a cidade de Coimbra, não só por questões de facilidade logística, mas também pelo facto de a cidade já dispor de um número significativo destes sistemas. Nesse sentido, foi selecionado um conjunto alargado de passadeiras com e sem esse tipo de equipamento.

Foram selecionados locais equipados com algum tipo de solução semaforizada: sem contagem regressiva, com contagem regressiva e que funcionam apenas com acionamento através de botoneira, ou uma solução que possa englobar os dois sistemas em conjunto. Esta seleção teve ainda em consideração se a travessia se localiza em seção corrente ou integrada em interseções (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Localização das travessias analisadas

<b>Travessias Locais</b>	Rua D. Manuel I
	Av. Sá da Bandeira
	Rua dos Combatentes da Grande Guerra
	Rua João de Deus Ramos
	Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes
<b>Travessias em Interseções</b>	Av. Emídio Navarro – Fernão de Magalhães – Rua António Granjo
	Rua General Humberto Delgado - Rua D. Manuel I
	Av. Emídio Navarro – Ponte de Santa Clara
	Rua dos Combatentes da Grande Guerra – Alameda Júlio Henriques
	Rua Augusto Rocha – Cruz de Celas

### 3.5 Caracterização dos estudos de caso

A seleção dos estudos de caso procurou integrar uma elevada variabilidade de um conjunto de fatores e variáveis. Desde logo, a existência de separadores centrais, o comprimento da travessia, o número de sentidos de tráfego envolvidos, a existência ou não de botoneira e o número de vias atravessadas, são algumas das características que podem influenciar o comportamento dos peões, no momento do atravessamento.

Desta forma, os locais analisados visam contemplar uma variabilidade alargada de situações tendo ainda englobado travessias semaforizadas inseridas em seção corrente e em interseções.

Os subpontos seguintes procuram evidenciar as principais características de cada local selecionado.

### 3.5.1 Avenida Sá da Bandeira

A Avenida Sá da Bandeira é uma importante via distribuidora na cidade, assegurando a ligação tanto à zona “baixa” como a Celas, Conchada ou ainda com fortes ligações às zonas reconhecidas como Património da UNESCO: Universidade de Coimbra, Alta e Sofia. A avenida integra várias travessias pedonais, sendo na sua maioria semaforizadas. Relativamente ao tráfego pedonal esta via é sujeita a uma forte presença pedonal por servir de apoio ao comércio e serviços e garantir a ligação a diversas ruas adjacentes.

As duas travessias selecionadas para análise situam-se junto à Praça da República e, por estarem associadas a uma zona de interface com serviços de transportes públicos de passageiros e espaços de atividades recreativas e culturais, respondem habitualmente a uma forte presença pedonal.

A travessia frontal ao Teatro Académico Gil Vicente (TAGV), Figura 3.1, dispõe de sinalização temporizada em ambas as direções de atravessamento, com indicação do tempo de verde que têm para efetuar o atravessamento em segurança, bem como o tempo que têm de esperar para obter o verde, ou seja, tipos II e tipo I, respetivamente. De notar que, neste local, a faixa de rodagem é de sentido único e constituída por três vias de circulação, sendo que uma destas é reservada a transportes públicos. Quanto à sua extensão, a travessia tem cerca de 10 metros. Neste caso, apesar da existência de botoneira, o verde não é acionado quando solicitado pelo peão. O ciclo semafórico é fixo, de 125 segundos, sendo que são reservados para os peões 20 segundos para o verde fixo e 5 segundos para verde intermitente.

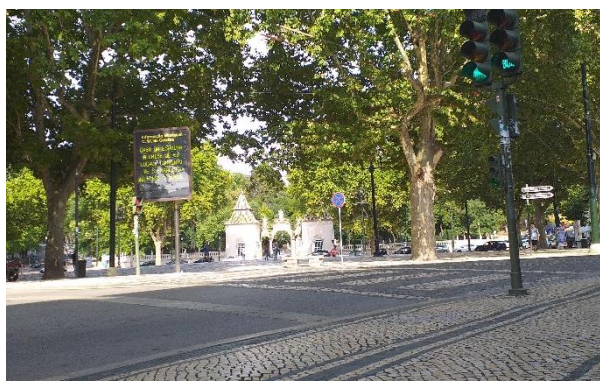


Figura 3.1 - Travessia Av. Sá da Bandeira  
(TAGV)

No sentido descendente da avenida, Figura 3.2, num dos sentidos de atravessamento o sistema disponibiliza sinalização com contagem regressiva apenas durante a fase de vermelho, ou seja, do tipo I. No entanto, no sentido oposto do atravessamento, o peão tem acesso a informação temporizada durante a fase de vermelho e do tempo de verde, ou seja, tipo I e tipo II, respetivamente. Na componente automóvel o tempo restante para que a fase termine apenas é mostrado aos condutores quando há abertura do sinal vermelho. Apenas existe um sentido de tráfego automóvel a circular, dividido em três vias de circulação, tendo uma extensão de 12 metros. Também aqui se verifica que a botoneira instalada está desativada tendo o ciclo uma duração fixa de 135 segundos. Quanto aos tempos parciais, são reservados para os peões 45 segundos para o verde fixo e 5 segundos para verde intermitente.

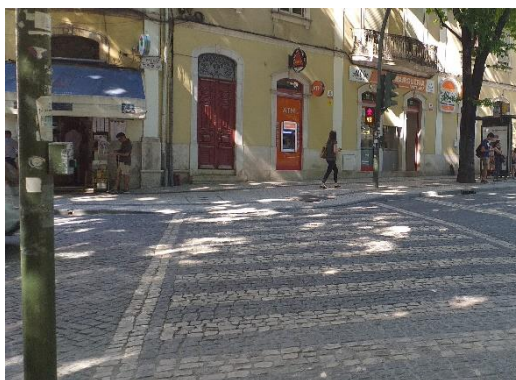


Figura 3.2 - Travessia Av. Sá da  
Bandeira sentido descendente

### 3.5.2 Rua dos Combatentes da Grande Guerra

Esta via assegura uma importante ligação a vários pontos da cidade, ligando a Alameda Dr. Júlio Henriques (onde se situa o Jardim Botânico da UC, Arcos do Jardim e existem ligações de acesso a serviços como Seminário Maior de Coimbra, Quartel de Recrutamento de Coimbra e até Centro de Saúde Militar) à Rua do Brasil, Rua do Estádio e Rua Brotero, servindo assim equipamentos escolares, igrejas, recintos desportivos e outros serviços, sendo, ainda, caracterizada por albergar habitações predominantemente multifamiliares. Assegura, por isso, funções eminentemente de distribuidora principal.

Para efeitos de análise, uma das travessias selecionadas situa-se junto à Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal (ACAPO), caracterizando-se por ser uma passagem pedonal de nível semaforizada associada a dispositivo sonoro. Neste caso, o ciclo semafórico é regulado por comandos atuados que são acionados por botoneira, havendo um tempo de mudança de fases de 6 segundos, sendo que o peão tem um tempo de verde de 10 segundos para efetuar a travessia.

Aqui não existe qualquer separador central e o trânsito conflituante circula nos dois sentidos de circulação. A extensão da travessia é de cerca de 7,5 metros. Trata-se de um local com boa visibilidade para os peões que se encontram na zona de espera e pretendem atravessar a rua.

Ainda na Rua dos Combatentes da Grande Guerra foi selecionada uma travessia integrada no cruzamento semaforizado com a Al. Júlio Henriques, que dispõe de uma regulação a tempos fixos, incluindo as travessias pedonais. Na Figura 3.3 é apresentado o ciclo semafórico da interseção cujo ciclo tem 100 segundos, sendo que os peões que atravessam as passadeiras P2 e P3 usufruem de 55 segundos de verde para o seu atravessamento. Já os peões que pretendem atravessar a passadeira P1 têm num primeiro troço 20 segundos de verde e no segundo 13 segundos, ou seja, 7 segundos após o sinal verde do primeiro.

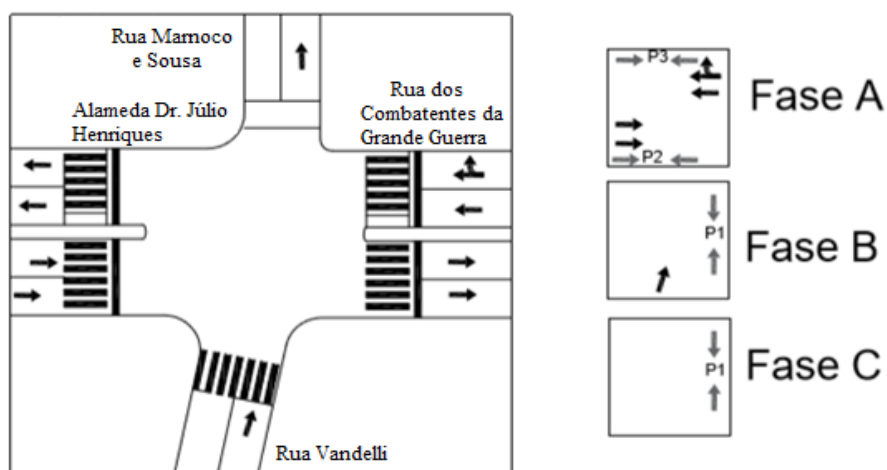


Figura 3.3 - Regulação da Interseção da Rua dos Combatentes

A Figura 3.4 ilustra a passadeira com separador central existente na Rua dos Combatentes da Grande Guerra. De notar que cada troço desta travessia tem uma extensão de aproximadamente 7 metros, dispondo o separador central de uma largura de 1,5 metros.



Figura 3.4 – Travessia na Rua dos Combatentes

### 3.5.3 Rua João de Deus Ramos

Esta é também uma via distribuidora principal constituída por duas vias em cada sentido. Não existe separador central e o trânsito flui nos dois sentidos de circulação. Destaca-se o facto de ser um local com bastante afluência de transportes coletivos da rede de Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra (SMTUC), o que justifica a presença de um número elevado de peões na via e, mais concretamente, nas passeadeiras.

Foram seleccionadas duas travessias: uma localizada na direção do *Girassolum* e outra na aproximação à rotunda com a R. General Humberto Delgado. Durante a primeira recolha de dados ambas as travessias tinham temporizador incorporado, mostrando o tempo de verde que o peão teria para atravessar a via. Já em julho, aquando da segunda contagem, esta situação havia sido alterada e apenas a segunda travessia era equipada com contagem regressiva. No entanto, ambas funcionam com comandos atuados.

Na primeira recolha de dados a segunda travessia apresentava um período de transição de 23 segundos após o peão transmitir sinal ao sistema da sua presença através da botoneira, sendo que após este tempo, é acionada a fase de verde para que o peão possa efetuar a travessia, sendo a sua duração de 23 segundos. Já a primeira travessia, neste período de observação, tinha um período transitório de 35 segundos e apresentava um tempo de verde para peões de 20 segundos. Na segunda recolha de dados, esta travessia apresenta o tempo de verde de 17 segundos sendo que os últimos 3 segundos são de verde intermitente. O peão passou a ter de esperar 23 segundos para ter direito a passagem.

Ambas as travessias têm uma extensão de aproximadamente 11 metros associadas a 4 vias de tráfego ().

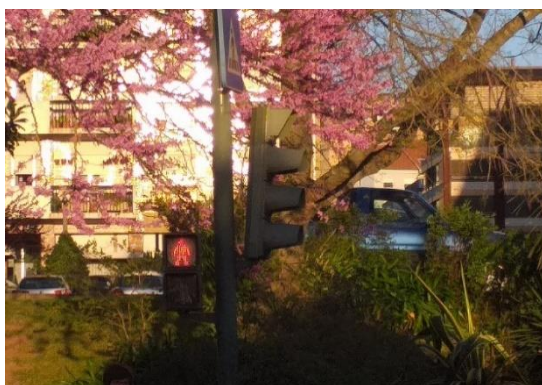


Figura 3. 5 - Travessia 2 na Rua João de Deus Ramos



Figura 3. 6 - Travessia 1 na Rua João de Deus Ramos

### 3.5.4 Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes

Só por si, a Rua da Sofia, por toda a sua história, edificado e riqueza patrimonial classificada de Património da Humanidade pela UNESCO em 2013, é um importante polo atrator de peões. Destacam-se, entre os serviços, a proximidade à Câmara Municipal de Coimbra, a esquadra da Polícia de Segurança Pública e dependências bancárias. A travessia analisada situa-se na Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes, que dá continuidade à Rua da Sofia, e beneficia o tráfego pedonal que se dirige para a Praça 8 de Maio vinda, por exemplo, da Rua da Sofia (Figura 3.7).

Trata-se de uma travessia semaforizada sem botoneira, que integra um sistema de contagem regressiva associado quer ao tempo de verde, quer de vermelho. Trata-se de um ciclo semafórico a tempos fixos de 75 segundos cujo tempo de verde atribuído aos peões é de 15 segundos. A extensão total da travessia é de cerca de 8 metros.



Figura 3.7 – Travessia na Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes

### 3.5.5 Rua D. Manuel I (Livraria Almedina/Praça 25 de Abril)

Trata-se de um arruamento com duas vias num só sentido de trânsito. A solução semafórica é acionada com recurso a botoneira, assumindo ciclos variáveis. Por essa razão, o tempo de vermelho associado aos condutores varia em função do momento em que a botoneira é acionada. Caso o trânsito veicular esteja a circular sem interrupção há mais de 2 minutos, o peão só terá de esperar 3 segundos pelo sinal verde, caso contrário o tempo de espera para o sinal verde é superior. A Figura 3.8 é ilustrativa do local.



Figura 3.8 - Travessia na Rua D. Manuel I/Praça 25 de Abril

### 3.5.6 Interseção Estação Coimbra A – Rua António Granjo (Estação A)

A travessia estudada situa-se junto à entrada principal da Estação de Coimbra A. O facto de ser um local de transbordo para os comboios urbanos/regionais e nacionais justifica a sua elevada afluência pedonal. Adicionalmente, é um local de interface com outros serviços de transporte e uma zona de comércio e turismo.

Trata-se de um conjunto de três travessias, sendo que duas delas são reguladas por sinais luminosos com comandos atuados. Nas semaforizadas o trânsito efetua-se em duas vias de trânsito que transita no mesmo sentido e a não semaforizada apenas por uma via. Um peão que circule através dos dois troços semaforizados percorre um total de 21 metros. Dispõe de um ciclo de 120 segundos, sendo que uma das travessias atribui 10 segundos de tempo de verde, 6 segundos após a primeira permitir o atravessamento pedonal, de forma coordenada. A Figura 3.9 identifica a travessia selecionada.

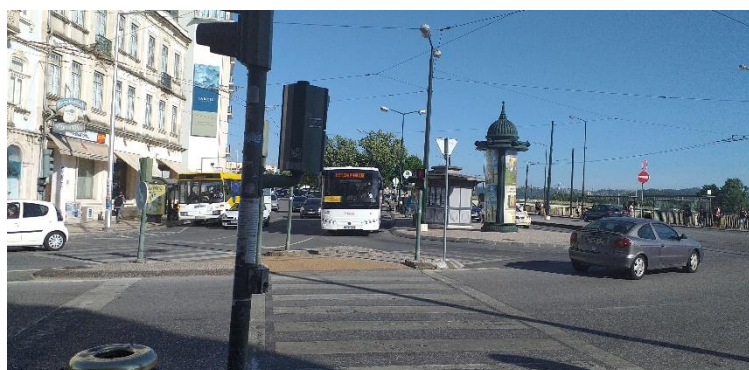


Figura 3.9 - Travessia na interseção de frente da Estação Coimbra A



### 3.5.7 Interseção Rua General Humberto Delgado e Rua D. Manuel I

Este local representa um cruzamento sem separador central ou ilhéu separador, regulado por sinalização luminosa e cujo plano é comandado a tempos fixos, fazendo com que as botoneiras instaladas no local não intervenham nos tempos programados. A proximidade a escolas, recintos desportivos e ao centro comercial, fazem com que este local tenha um volume de tráfego pedonal considerável.

Na Fase A é permitido o avanço aos movimentos 4, 5, 6 e 7 (Figura 3.10). Os peões da passadeira P1 também podem avançar, não havendo criação de pontos de conflito entre peões e veículos. Na Fase B, é dado o sinal verde para os movimentos 1, 2 e 3. Nesta fase podem ainda avançar os movimentos dos peões da passadeira P2. Por último, a fase C destina-se exclusivamente à travessia de peões nas passadeiras P3 e P4. O sistema associa-se aos seguintes tempos de verde: P1 com 60 segundos, P2 e P3 com 17 segundos e P4 com 75 segundos. De notar que o ciclo é de 122 segundos.

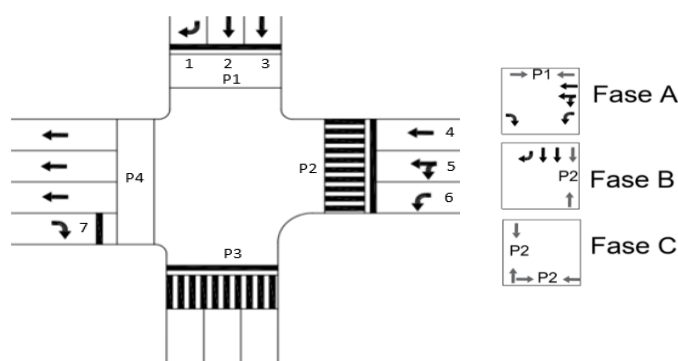


Figura 3.10 - Interseção das Ruas General Humberto Delgado e Manuel I

### 3.5.8 Interseção Av. Emídio Navarro – Ponte de Santa Clara (Largo da Portagem)

Esta travessia situa-se no “Largo da Portagem”, integrada no cruzamento entre a Ponte de Santa Clara com a Avenida Emídio Navarro, ponto sujeito a fluxos pedonal e automóvel significativos.

O equipamento instalado abrange temporizadores tanto para condutores como para peões. As passadeiras junto à ponte e do lado adjacente ao *Hotel Astoria* contam com contagem tanto em tempo de vermelho como em tempo de verde. Já no lado oposto a esta última o tempo apenas é mostrado aos peões quando estes são beneficiados do tempo de verde.

Em qualquer destas travessias há separador central para peões, potenciando o atravessamento em duas fases. As entradas que surgem da Avenida Emídio Navarro são compostas por três vias de circulação em cada sentido, enquanto a entrada vinda da Ponte de Santa Clara tem apenas duas vias de circulação em cada sentido, sendo a extensão da travessia de aproximadamente 22 metros.

O ciclo semafórico é de 124 segundos. A travessia da Ponte de Santa Clara tem um tempo de verde para os peões de 27 segundos, sendo que este período começa com o sinal verde dado aos peões que se aproximam vindos do Parque Dr. Manuel Braga. A segunda fase da travessia (separada com uso de separador central) tem um período de verde de 13 segundos, começando 14 segundos após primeiro sinal acionar a luz verde. Sendo um ciclo regulado a tempos fixos, uma caminhada vinda da Beira Rio terá apenas 13 segundos para efetuar o atravessamento da rua.

Já a travessia implementada na Av. Emídio Navarro, na continuidade entre a Ponte de Santa Clara e o Posto de Turismo, tem uma extensão de 24 metros e, embora separada por refúgio central, dispõe do mesmo tempo de verde para as duas fases da travessia, num total de 26 segundos.

### 3.5.9 Interseção Rua Dr. Augusto Rocha

A Rua Augusto Rocha é uma das vias que converge no “cruzamento da Cruz de Celas” e disponibiliza duas vias de tráfego no mesmo sentido. Sendo uma interseção a tempos fixos o seu ciclo é de 93 segundos, dos quais 57 segundos destinados ao peão no atravessamento dessa rua. É um sistema semafórico com contagem regressiva tanto para o tempo de verde como de vermelho, considerando as fases pedonais. A extensão desta via é de aproximadamente 9,5 metros (Figura 3.11).



Figura 3.11 - Travessia na Rua Dr. Augusto Rocha (imagem *google maps*)

### **3.5.10 Síntese das travessias**

Como síntese, é apresentado o Quadro 3.2, de forma a evidenciar as semelhanças e diferenças entre os locais selecionados.

Quadro 3.2 - Quadro síntese das características das travessias estudadas

Travessia	Localização	Regulação	Ciclo (seg)	Tempo de verde (seg)	Tempo máx de espera (seg) <sup>4</sup>	Nº de sentidos de tráfego	Nº de vias / sentido	Uso de Separador	Temporizador	Comprimento da travessia (m)
Estação velha	Interseção	Atuado	120	10+16	77	2	2	Sim	Sim	21
Ponte Santa Clara	Interseção	Fixo	124	27 + 13	124	2	2	Sim	Sim	22
Parque Manuel Braga	Interseção	Fixo	124	26	124	2	3	Sim	Sim	24
Rua Augusto Rocha	Interseção	Fixo	93	57	93	1	2	Não	Sim	9,5
Rua Humberto Delgado 1	Interseção	Fixo	122	60	122	1	3	Não	Não	13
Rua Humberto Delgado 3	Interseção	Fixo	122	17	122	1	3	Não	Não	13
Rua D. Manuel I 2	Interseção	Fixo	122	17	122	1	03   1	Não	Não	11,5
Rua D. Manuel I 4	Interseção	Fixo	122	75	122	1	3	Não	Não	11,5
Rua D. Manuel I	Secção	Atuado	----	20	19	1	2	Não	Não	11
Rua dos Combatentes da Grande Guerra	Interseção	Fixo	100	20+13	100	2	2	Não	Não	16,25
Rua Camilo Castelo Branco	Interseção	Fixo	100	55	100	1	1	Não	Não	8,5
Rua Vandelli	Interseção	Fixo	100	55	100	1	1	Não	Não	6
Rua João de Deus Ramos 1	Secção	Atuado	----	20	67	2	2	Não	Sim	11
Rua João de Deus Ramos 2	Secção	Atuado	----	23	52	2	2	Não	Sim	11
Rua dos Combatentes da Grande Guerra	Seção	Atuado	----	10	37	2	1	Não	Sim	7,5
Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes	Seção	Fixo	75	15	75	2	1	Não	Sim	8
Avenida Sá da Bandeira 1	Seção	Fixo	125	25	125	2	1	Não	Sim	10
Avenida Sá da Bandeira 2	Seção	Fixo	135	45	135	3	1	Não	Sim	12

<sup>4</sup> Tempo máximo de Espera (seg): tempo de espera para um peão que chegue no início do vermelho e tenha de esperar pelo início do sinal verde, em segundos. Em caso de sistema atuado, é considerado o máximo tempo de espera observado.

### 3.6 Síntese Metodológica

Conforme apresentado no capítulo 2, são vários os fatores que podem induzir o peão a desobedecer ou violar os sinais transmitidos pelo sistema semafórico. Percepção do dispositivo, motivo da viagem, familiaridade com o local, faixa etária, gênero, velocidade de caminhada e tempo máximo de espera, podem ser indicadores a ter em conta na avaliação do impacto que estes sistemas têm no comportamento do peão (Ramos, 2007).

Tal como se viu na bibliografia da especialidade, o género e a idade dos peões tendem a ser importantes fatores a analisar quando se pretende chegar a um perfil do peão que mais tende a transgredir o sinal vermelho. Assim, neste estudo esses fatores serão adotados como potenciais variáveis explicativas do comportamento dos peões observados. Da mesma forma, tenta-se perceber se as condições da via poderão, também elas, influenciar o comportamento adotado pelos peões, tais como a existência de separador central ou o número de vias por sentido (extensão da via). Estas variáveis, assim como o número de sentidos de tráfego rodoviário, podem influenciar a decisão de acatar, ou não, a indicação dada pela sinalização existente em cada local. Por fim, outra das variáveis analisadas será o *tempo de espera*, pois a predisposição que o peão tem, chegando durante o vermelho, para esperar pelo seu direito a passagem, pode influenciar o seu comportamento.

Para avaliar o desempenho de cada solução estudada, foram tidos em consideração dois indicadores de desempenho:

1. Nível de “Não Acatamento” do sinal vermelho: elegeu-se o nível de “*não acatamento*” da indicação do sinal vermelho como variável dependente para avaliação do comportamento do peão face à presença de contagem regressiva ou a falta deste equipamento. Esta variável suporta, ainda, a análise da relevância assumida por cada variável explicativa.
2. Quanto ao funcionamento da passadeira, é avaliado o *tempo de espera* médio a que o peão se sujeita até conseguir efetuar o atravessamento, considerando apenas os peões que chegaram durante o sinal vermelho e esperaram pelo sinal verde, não sendo contabilizados os peões que chegaram durante o sinal verde.

Note-se que uma possível variável de influência no comportamento do peão pode, eventualmente, ser o fluxo de tráfego rodoviário que conflitua com tráfego pedonal. No entanto, não foram, por falta de condições, recolhidas essas informações.

A metodologia de trabalho foi subdividida em duas fases fundamentais de recolha e análise de dados:

- **1ª Fase:** Foi baseada nas contagens manuais por observação direta num total de 30 minutos. A análise centrou-se na avaliação do efeito do género, faixa etária e outros fatores na variação do nível de acatamento.
- **2ª Fase:** Na segunda fase de recolha de dados a contagem foi feita através de captura de vídeo com duração de 30 minutos. Foram avaliadas as tendências comportamentais consoante o peão caminhava sozinho ou em grupo e em função do tempo que o mesmo teve de esperar até atravessar a via (até atingir o verde).

Recorrendo ao teste *t-student* foi possível avaliar a significância de diversas variáveis no nível de “não acatamento” do sinal vermelho por parte dos peões, comparando os resultados em travessias providas ou desprovidas de temporizador. A aplicação de regressões, quer múltiplas, quer simples, permitiu, em complemento, testar essas tendências.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Introdução

Este capítulo centra-se no desenvolvimento das análises e discussão dos resultados, suportadas pela base de dados real construída com base em observações e contagens locais.

Assim, procura-se compreender o comportamento dos peões face a sistemas semafóricos implantados na cidade de Coimbra, recorrendo a um conjunto de análises estatísticas capazes de caracterizar o comportamento do peão face a dispositivos de contagem regressiva, comparativamente a sistemas que não dispõem desse tipo de equipamento.

O trabalho baseia-se inicialmente numa caracterização geral dos comportamentos, seguida de uma análise explicativa, tendo por base um conjunto pré-definido de fatores e variáveis, relacionadas, entre outras, com as características da via, deslocações em grupo e tempo de espera.

### 4.2 Avaliação do nível de “não acatamento” do semáforo

#### 4.2.1 Caracterização geral da amostra

Para caracterização do público-alvo de estudo, assim como o seu comportamento em relação ao uso de semáforos com sistemas de contagem regressiva incorporados, foram observados na primeira fase de recolha de dados um total de 1674 peões, os quais foram segregados em função do género, da faixa etária e da velocidade de marcha adotada ao atravessar a via, permitindo a criação de uma amostra de dimensão considerável.

Ao caracterizar a amostra quanto ao género verifica-se que 60% são do sexo feminino e 40% do sexo masculino, ou seja, 1002 e 672 peões, respetivamente. Quanto à separação por faixa etária, foram segregados nos seguintes três grupos: idade inferior a 30 anos (53%); entre 30 e 65 anos (35%) e idade superior a 65 anos (12%). Estas informações são representadas na Figura 4.1.

Fazendo uma distinção do número de peões observados entre situações contempladas com temporizador e sem temporizador, 77% foram observados na primeira situação e 23% na segunda.

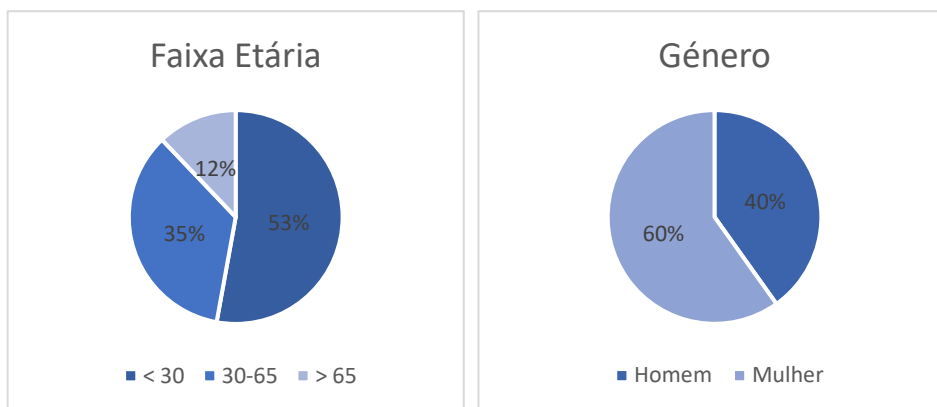


Figura 4.1 – Distribuição da amostra por género e por faixa etária

Nesta amostra, verifica-se uma diferença significativa relativamente ao número de homens e número de mulheres, decorrente, eventualmente, de as mulheres tenderem a andar mais a pé que os homens. Também na distribuição da faixa etária, temos uma percentagem maioritária de peões com menos de trinta anos, o que poderá estar ligado com o facto de esta faixa etária englobar indivíduos que não têm idade legal para conduzir e ainda o facto de algumas das observações terem sido realizadas na proximidade de escolas.

Por último, refira-se que a classificação de idades foi feita meramente por observação, podendo haver algum tipo de erro associado.

#### 4.2.2 Acatamento do sinal vermelho – variabilidade associada ao local

A análise de não acatamento do sinal vermelho associado ao local de observação começa por uma comparação simples de percentagens de infrações em travessias sem e com contagem regressiva nas Figura 4. e Figura 4., respetivamente.



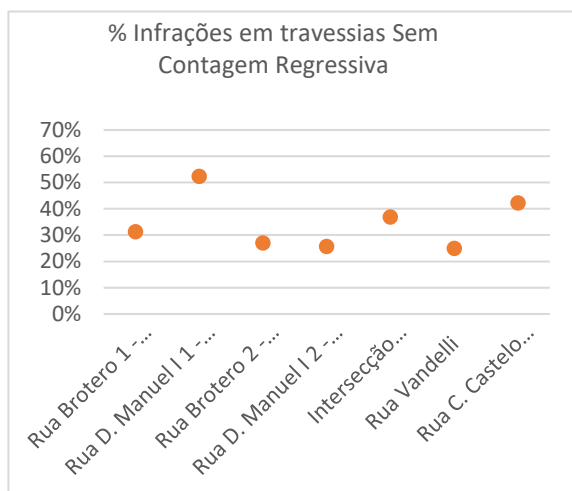


Figura 4.2 - % de infrações em travessias sem contagem regressiva

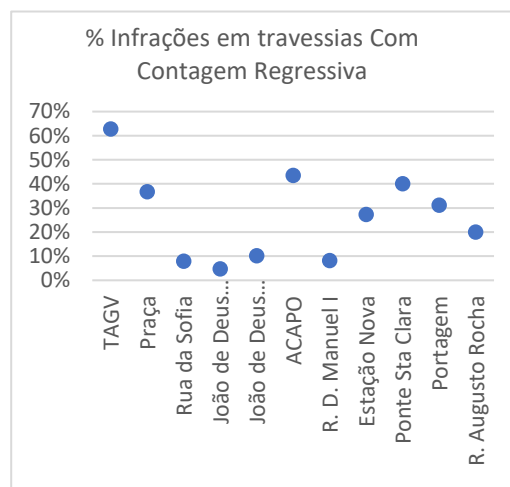


Figura 4.3 - % de infrações em travessias com contagem regressivas

Em média, a análise dos dados evidencia que a percentagem de não acatamento nos atravessamentos com e sem dispositivos de contagem regressiva é de 27% e 42%, respetivamente. Estes resultados globais, evidenciam, desde logo, uma maior tendência para violação do sinal vermelho, por parte dos peões em sistemas desprovidos de contagem regressiva, indiciando que o sistema poderá contribuir para aumentar os níveis de segurança pedonal. Note-se, no entanto, que, cada valor apresentado nos gráficos subentende uma média de infrações em cada local, não se referindo à média geral de infrações, sendo que estas passam adiante a ser abordadas.

Os gráficos apresentados nas Figura 4. e Figura 4. permitem identificar as localizações onde é mais suscetível serem observados comportamentos de risco por parte do peão, quando este pretende efetuar um atravessamento. A Figura 4., evidencia que a travessia onde foram registadas as maiores percentagens de “não acatamento” do sinal vermelho é a situada na Avenida Sá da Bandeira, na direção do Teatro Académico Gil Vicente, onde o nível de violações ultrapassa os 60%. Esta travessia é equipada com contagem regressiva e regulada a tempos fixos, podendo este nível de violação ser devido à forte presença de peões jovens e à elevada oportunidade de criação de brechas livres de veículos de dimensão alargada (fruto da proximidade de cruzamentos semaforizados). Por oposição, o maior nível de acatamento é atingido na Avenida de Deus Ramos, trecho que disponibiliza 4 vias de circulação sem separador central, podendo este resultado estar diretamente relacionado com a extensão elevada da travessia, que resulta num elevado período de exposição ao risco, agravada pelos elevados volumes de tráfego a que a travessia está sujeita.

É assim expectável que o nível de tráfego envolvido, bem como a sua lei de distribuição, possa justificar esta variação do indicador, na medida em que influencia a criação de brechas livres na corrente de tráfego, utilizáveis pelo peão.

Por sua vez, a Figura 4. engloba os sítios sem contagem regressiva. A travessia que registou maior proporção de violações do sinal vermelho é uma das inseridas na interseção regulada a tempos fixos, entre a Rua D. Manuel I e a Rua Brotero, onde se atingiu um nível superior a 50%. Mais uma vez, este facto pode estar relacionado com a forte presença pedonal jovem (por proximidade a escolas) e, por inerência, a uma boa capacidade de locomoção. Por oposição, os melhores resultados foram associados à Rua Vandelli (cerca de 25%). Apesar de se tratar igualmente de uma travessia sujeita a elevado tráfego pedonal de jovens, verifica-se que o tempo de verde é extenso, o que se traduz em tempo de espera muito pequeno. Desde logo, estes resultados sublinham a previsível relevância associada a diferentes fatores, nomeadamente: idade, nível de exposição ao risco, tempo de espera e dos fluxos de tráfego que conflitua com a passagem pedonal.

A análise geral agregada (considerando os valores gerais de infrações e peões observados) mostra que o número de peões que atravessa a via durante o sinal vermelho representa 50% (191 dos 379 observados) nos sistemas sem temporizador, baixando essa percentagem para 31% (402 dos 1295) nos sistemas que dispõem de contagem regressiva. A aplicação do *t-student* aos valores médios registados no conjunto dos locais estudados “com” e “sem” contagem regressiva, confirma, como seria expectável, a existência de uma diferença significativa entre as médias, associado a um p-valor = 0,046 (<0,05), para um nível de confiança de 95%.

Importa, contudo, ter noção que, nesta comparação agregada não é analisado explicitamente o efeito combinado associado a outros fatores que podem ter influência no comportamento do peão. Apesar disso, este resultado inicial sugere, desde logo, que a existência de temporizador em travessias tende a resultar numa maior disciplina comportamental. Nos pontos seguintes verificar-se-á se este efeito é confirmado.

Como última referência, note-se ainda que, dos gráficos das figuras anteriores, se percebe que há uma maior variância nos casos com contagem regressiva.

#### **4.2.3 Acatamento do sinal vermelho – efeito da faixa etária e género**

Dos números apresentados anteriormente, os Quadro 4.1 e Quadro 4.2 apresentam a percentagem de peões que não acatam o sinal vermelho, em função do género e da faixa etária, considerando os locais “com” e “sem” contagem regressiva, respetivamente.

Cada um desses valores representa a relação entre o número de peões de uma determinada categoria que viola a sinalização e o número de peões da mesma categoria que travessou no mesmo intervalo de tempo.

Note-se que, dado termos um número de peões observados que difere de passadeira para passadeira, foram calculadas médias simples, dando um peso igual aos resultados obtidos para cada passadeira, e médias ponderadas, com pesos que correspondem ao número de peões observado em cada local, dando, assim, peso igual a cada peão, independentemente da sua localização.

No entanto, no estudo desta variável admite-se a média aritmética simples como a mais adequada por haver uma diferença considerável no número de observações, inter-passadeiras. Considerou-se por isso que com o uso da média ponderada, poder-se-ia distorcer o que é verificado na realidade, pois haveriam passadeiras com um peso demasiado elevado quando comparadas às restantes.

Quadro 4.1 - Violações ao sinal vermelho por género e faixa etária em sistemas com contagem regressiva

Passadeira	% de violadores do vermelho, por variável – Com temporizador						Total de peões
	Totais	Homem	Mulher	<30 anos	30-65 anos	>65 anos	
1	63	64	62	60	70	50	220
2	37	39	35	38	32	42	237
3	9	15	4	7	7	11	188
4	5	10	0	10	0	0	63
5	11	18	4	18	4	0	49
6	40	22	57	41	75	0	23
7	12	20	3	18	4	0	49
8	28	32	25	26	40	12	179
9	39	50	28	21	48	54	55
10	35	40	30	21	47	23	157
11	19	15	22	26	15	18	75
Média Simples	27	30	25	26	31	19	--
Média Ponderada	31	33	28	29	35	25	--

Quadro 4.2 - Número de violações ao sinal vermelho por género e faixa etária em sistemas sem contagem regressiva

Passadeira	% violadores do vermelho, por variável – Sem Temporizador						Total de peões
	Totais	Homem	Mulher	<30 anos	30-65 anos	>65 anos	
1	27	29	25	25	30	33	37
2	64	66	63	71	57	57	173
3	39	44	33	30	50	0	45
4	35	38	31	41	20	25	26
5	43	45	40	56	33	0	16
6	35	43	27	38	20	33	29
7	51	52	50	45	61	50	53
Média Simples	42	45	38	44	39	28	--
Média Ponderada	50	53	48	53	48	41	--

No cálculo da média aritmética simples,  $\bar{M}$ , foi usada a expressão da equação (4):

$$\bar{M} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_k}{T_1+T_2+\dots+T_k} \quad (4)$$

Em que  $x_n$  é o número de peões que transgredir o vermelho em cada travessia  $n$ , associado a cada variável explicativa, e  $T_n$  o número total de peões a passar na passadeira  $n$ .

#### 4.2.3.1. Análise Base

No que respeita ao género é evidente uma maior tendência de transgressão associada ao sexo masculino, com valores médios globais de 38% do sexo masculino, contra os 32% do sexo feminino. Essa tendência é mantida quer nos sistemas com, quer sem temporizador. Apesar disso, verifica-se que nos sistemas sem temporizador a diferença de comportamento entre peões do sexo masculino e feminino se acentua, com níveis de violação de 45 e 38%, respetivamente.

Quando comparados os resultados obtidos nas travessias com e sem temporizador, confirmam-se os resultados apresentados anteriormente, atingindo-se maiores níveis de transgressão (independentemente do género do peão) nos sistemas sem dispositivo de contagem regressiva. Em síntese, constata-se que a maioria das transgressões ao sinal vermelho é observada em locais sem temporizador, sendo os homens que mais tendem a adotar comportamentos de risco.

Recorrendo ao *t-student* para o caso do sexo masculino é obtido um p-valor de 0,033 e para o sexo feminino esse valor é de 0,115. Estes resultados comprovam que para o sexo masculino

as diferenças comportamentais registadas em sistemas com e sem temporizador são estatisticamente significativas. Pelo contrário, essas diferenças não são tão evidentes no caso do sexo feminino que se mostrou menos sensível à presença do sistema. De facto, o *t-student* indica que no caso dos peões do sexo feminino a diferença não é suficientemente marcante para a amostra obtida e para o nível de confiança estabelecido (de 95%). Ainda assim, o resultado vai ao encontro do que seria esperado relativamente às diferenças entre casos “com” e “sem” temporizador.

No que respeita ao efeito da faixa etária é igualmente evidente a existência de diferença comportamentais associadas às diferentes faixas etárias. É desde logo e em termos globais, evidenciada uma tendência de redução do nível de transgressão do sinal vermelho, com o aumento da faixa etária (35, 35 e 24% para os <30, 30<idade<65 e >65, respetivamente). A análise pormenorizada evidencia que os peões que mais transgridem o vermelho aparentam ter menos de 30 anos para situações com contagem regressiva e entre 30 e 65 anos em casos sem contagem regressiva.

Importa ter presente (ver Quadro 4.1) que este indicador apresenta grandes variações em função do local analisado, sendo certo que a percentagem geral de infratores por faixa etária poderá ser, assim, influenciada pelo número de peões elevado que se observe nalgum local em particular.

O teste *t-student* foi aplicado a este indicador, tempo por base as infrações observadas em locais “com” e locais “sem” contagem regressiva, por classe de faixa etária.

Os resultados comprovam que só a faixa etária mais jovem regista diferença comportamental estatisticamente significativa entre passeadeiras com e sem temporizador, com um p-valor de 0,04. Nas outras duas faixas etárias, as diferenças das médias não se revelaram estatisticamente significativas (*p-value* 0,47 e 0,38), apesar de visualmente as mesmas serem igualmente aparentes (Figura 4.4). As diferenças confirmam o expectável, uma vez que os mais idosos, por adotarem velocidades mais moderadas, tenderão a adotar comportamentos mais cautelosos. No entanto, na faixa mais jovem já não se observa um padrão tão definido.

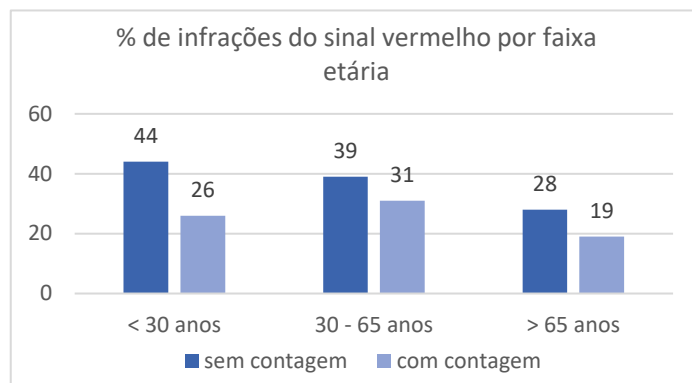


Figura 4.2 - % de infratores por faixa etária em sistemas com e sem contagem regressiva

Focando a análise, a título de exemplo, nas travessias com a maior taxa de incumprimento do sinal vermelho, identifica-se a travessia da Avenida Sá da Bandeira nas soluções com contagem regressiva, sendo a travessia situada na interseção da Rua D. Manuel I com a Rua Brotero a que obteve pior resultado dentro das soluções sem contagem regressiva.

Na Avenida Sá da Bandeira, cujo sistema semafórico incorpora temporizador, registam-se 63% de violações (ou seja, dos 220 peões que atravessaram a via neste local, 138 violaram o sinal vermelho), sendo esse valor elevado de transgressões transversal aos homens e mulheres, bem como a todas as classes de idades.

Com efeito, a maior percentagem de *violações* do sinal vermelho foi registada na faixa etária dos 30 aos 65 anos, com um total de 70%. Também nesta travessia, a faixa etária que tende a ser mais cumpridora, é a mais idosa, registando, mesmo assim, uma proporção de 50%, apesar deste valor poder ser influenciado pela pequena dimensão da amostra.

No que respeita à travessia na Rua D. Manuel I, cujo sistema semafórico não incorpora temporizador, dos 173 observados 111 (64%) não esperaram pelo sinal verde para atravessar a rua. Neste caso, também se evidencia que os homens tendem a adotar comportamentos de risco em maior número do que as mulheres. Dos 67 homens observados, 44 efetuaram o atravessamento durante o sinal vermelho, ou seja 66%. Por sua vez, as mulheres atingiram uma percentagem de 63% de transgressões ao sinal. Quanto à faixa etária o resultado evidencia diferenças relativamente à travessia anterior, já que a maior percentagem de violações parte de indivíduos abaixo dos 30 anos (70% dos peões desta faixa etária, assumiram comportamentos de risco). Já os dois escalões de idades sobranes parecem ter uma percentagem igual de violações, chegando apenas aos 57%. Isto poderá ser consequência da percentagem de jovens peões, provenientes das escolas em redor deste local, que aqui circulam.

Ainda relativamente a esta travessia, situada entre as ruas Brotero e D. Manuel I, a elevada taxa de violações ao sinal vermelho poderá, eventualmente, ser explicada pelo facto de se verificar que os peões que aí circulam, conhecem bem o ciclo semafórico implementado.

#### 4.2.3.2. Modelo de Regressão Múltipla

O recurso à regressão múltipla permite avaliar a existência de uma correlação entre o número de violações e a combinação das variáveis gamas de idades e o género do peão.

Assim, procurou-se numa 2ª fase da análise explicar o nível de “não acatamento” do sinal de vermelho através de regressão múltipla onde foram incluídas todas as variáveis explicativas apresentadas anteriormente.

Neste tipo de análise há um relacionamento entre uma *variável dependente*, neste caso o “nível de não acatamento” do sinal vermelho, e um conjunto de *variáveis independentes*, potencialmente explicativas, que neste primeiro estudo são:

- **Variável 1** ( $X_{temp}$ ): Uso, ou não, de temporizador. A variável é do tipo binária, tomando “0” quando não há, ou “1” quando há temporizador;
- **Variável 2** ( $X_{hvm}$ ): percentagem de homens que passa em cada travessia. Esta variável é obtida tendo em conta os homens que passam em cada passadeira em relação ao número total de peões que atravessam a mesma passadeira;
- **Variável 3** ( $X_{+65}$ ): percentagem de peões com +65 anos. Os valores desta variável são obtidos pelo rácio entre peões +65 anos e o total de peões que passam a travessia em questão.

Quanto à *variável dependente*, ou seja, a percentagem de peões que infringe o sinal vermelho, considera todas as passadeiras observadas, no total de 18, em que 7 são sem temporizador e 11 com temporizador. O Quadro 4. 3 sintetiza os dados do problema.

Note-se que, existindo três escalões definidos para as faixas etárias, apenas foi utilizada a que engloba peões com idades superiores a 65 anos, como forma de reduzir o número de variáveis explicativas, dada a reduzida dimensão da base de dados. Assim, tem-se como referência explicativa o comportamento que peões com idades superiores adotam no momento do atravessamento da rua. Quanto à escolha do género, seria indiferente, por ser apenas uma análise entre dois géneros.

Quadro 4. 3 - Base de dados para obtenção do nível de “não acatamento” I

Travessia	Y - Nível de não acatamento (%)	X <sub>temp</sub>	X <sub>hvm</sub>	X <sub>+65</sub>
1	63	1	35	3
2	37	1	42	5
3	8	1	36	20
4	5	1	48	14
5	10	1	45	4
6	43	1	39	9
7	8	1	41	4
8	27	1	35	19
9	40	1	55	24
10	31	1	36	25
11	20	1	35	15
12	27	0	46	8
13	64	0	39	12
14	38	0	40	0
15	35	0	50	15
16	44	0	69	6
17	34	0	48	10
18	51	0	55	4

A modelação desenvolvida pelas funcionalidades do *Excel* permitiu determinar o nível de “não acatamento” através da formulação abaixo, a que correspondeu um R<sup>2</sup> de 20,2%, sendo este um valor que dá pouca confiança ao resultado.

$$Y = 52,5 - 15,9 X_{temp} - 0,18 X_{hvm} - 0,20 X_{+65} \quad (4)$$

A formulação comprova relações espectáveis, registando-se uma redução do nível de não acatamento sempre que existe temporizador e a % de idosos com mais de 65 anos aumenta. Apesar disso, o sinal associado à X<sub>hvm</sub> assume sinal contrário ao esperado, indiciando a existência de correlações não negligenciáveis entre variáveis explicativas, justificando operações complementares de análise para expurgar esses efeitos. Importa, contudo, ter presente que nenhuma das variáveis explicativas se revelou estatisticamente significativa, ao nível de confiança de 95%, com p-valor acima de 5%: p-valor, X<sub>temp</sub> = 0,14; p-valor, X<sub>hvm</sub> = 0,74 e p-valor, X<sub>+65</sub> = 0,74.

A falta de significância resultante não é surpreendente pois havia apenas 18 pontos de observação, valor muito reduzido para se obter resultados estatisticamente significativos.



Estes valores, pouco claros e não significativos, podem ainda estar relacionados com a eventual existência de correlações e interdependências entre as variáveis explicativas, ou com a eventual não consideração de relevantes variáveis explicativas de outro tipo (como sejam variáveis representativas das características da via, tratadas de seguida). Apesar disso, o efeito mais relevante, relacionado com o impacto da existência de contadores regressivos, apresenta-se claramente com o sentido esperado.

#### **4.2.4 Influência das Características da Via**

Este ponto centra-se na avaliação das diferenças de comportamento do peão no atravessamento de ruas cujas travessias são reguladas por sinais luminosos, quando estas são ou não providas de separador central (zonas de refúgio), em função do número total de vias que o peão atravessa no conjunto dos sentidos existentes e em função do número de sentidos de circulação automóvel envolvidos. Não são aqui estudados possíveis impactos referentes ao fluxo automóvel envolvido, por não ter sido possível recolher a relevante informação para o conjunto de atravessamentos analisados.

##### **4.2.4.1. Efeito do Número de Sentidos de Tráfego**

Começa-se por apresentar uma análise onde se procurou testar a influência do número de sentido de tráfego rodoviário no comportamento do peão.

Pelos dados expostos no Quadro 4.4 e Figura 4.3, como expectável, quer em locais com contagem regressiva quer sem este equipamento, os comportamentos de risco acontecem maioritariamente quando há só um sentido de tráfego automóvel, podendo estar associado a um maior nível de confiança, por parte do peão. No entanto, as diferenças percentuais não são significativas, dadas as comparações das médias aritméticas apresentadas no gráfico supramencionado.

Em termos gerais, verifica-se que a percentagem de transgressões ao sinal vermelho é superior quando não há contagem regressiva. De referir, contudo, que estes resultados podem ser influenciados pela pequena dimensão da amostra.

Quadro 4.4 – Dados de análise das transgressões, função de nº vias e separador central

Travessia	Contagem Regressiva	Número de vias	Separador	%infrações	Número de sentidos
1	Sim	2	Não	63	1
2	Sim	3	Não	37	1
3	Sim	2	Não	8	2
4	Sim	4	Não	5	2
5	Sim	4	Não	10	2
6	Sim	2	Não	43	2
7	Sim	2	Não	8	1
11	Sim	2	Não	20	1
10	Sim	6	Sim	31	2
8	Sim	4	Sim	27	2
9	Sim	4	Sim	40	2
12	Não	3	Não	27	2
13	Não	3	Não	64	1
14	Não	3	Não	38	1
15	Não	3	Não	35	1
17	Não	2	Não	34	1
18	Não	2	Não	51	1
16	Não	5	Sim	44	2

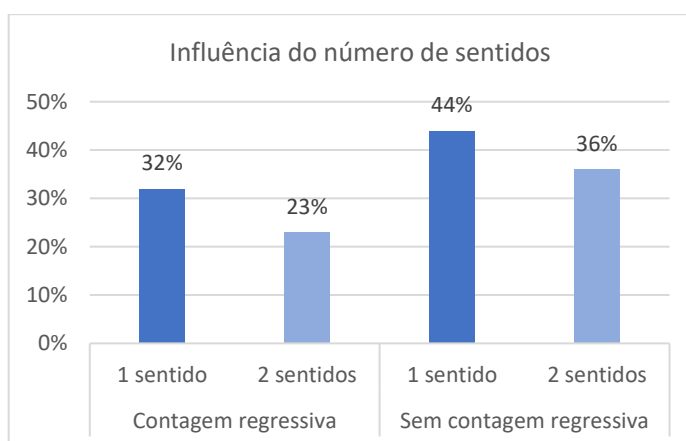


Figura 4.3 – Influência do número de sentidos de tráfego no comportamento do peão

#### 4.2.4.2. Efeito da Existência de Separador

No que toca à existência de separador central, o qual potencia o atravessamento em duas fases, verifica-se que os peões tendem a violar ligeiramente mais o sinal vermelho.

Quando avaliado o efeito conjunto do separador e da contagem regressiva, verifica-se que, independentemente de a travessia dispor ou não de contagem regressiva, a existência de separador se reflete numa maior tendência para violar o sinal vermelho. Nos locais sem contagem regressiva e sem separador, a percentagem de peões que viola a sinalização atinge 41%. Por oposição, em locais sem contagem regressiva, mas com separador, essa percentagem praticamente mantém-se (44%). No entanto, a amostra apenas considera uma passadeira nesta condição, sendo, portanto, não significativo e desadequado tirar qualquer conclusão. O mesmo tipo de resultados pode ser tirado da análise das travessias com contagem regressiva, onde a existência de separador justifica o acréscimo de violações em 9 pontos percentuais (de 26 para 34%).

Contudo, importa ter noção que a maioria das vias sem separador disponibilizam apenas uma via em cada sentido, enquanto que as vias com separador correspondem maioritariamente a vias com dupla faixa de rodagem, com duas vias em cada sentido, pelo que os resultados não são diretamente comparáveis. Estes resultados permitem inferir que quer o comprimento de exposição ao risco, quer os volumes de tráfego automóvel conflituantes, poderão influenciar o comportamento do peão.

A aplicação do *t-student* obteve um p-valor de 0,109, indicando que não há influência do uso do separador nas travessias já que este valor é superior a 5%, confirmando a análise qualitativa apresentada anteriormente. Para análise deste ponto foram tidos em consideração os valores expostos no Quadro 4.5 e Quadro 4.6.

Da análise dos quadros expostos acima, resulta o gráfico da Figura. 4.6, para as médias ponderadas. No entanto, o resultado das médias aritméticas simples parecem indicar o contrário, não sendo, no entanto, uma variação percentual acentuada entre soluções, levando a conclusões pouco fiáveis.

Quadro 4.5 - Observações em locais com contagem regressiva para análise do uso de separador central

Observações em locais com temporizador						
Travessia	Separador	Total peões	Total infrações	% infrações	Média Ponderada	Média Simples
1	Não	220	138	63%	26%	33%
2	Não	237	87	37%		
3	Não	80	15	19%		
4	Não	63	3	5%		
5	Não	49	5	10%		
6	Não	23	10	43%		
7	Não	49	5	10%		
11	Não	75	15	20%	34%	32%
8	Sim	179	49	27%		
9	Sim	55	22	40%		
10	Sim	157	53	34%		

Quadro 4.6 - Observações em locais sem contagem regressiva para análise do uso de separador central

Observações em locais sem contagem regressiva						
Travessia	Separador	Total peões	Total infrações	% infrações	Média Ponderada	Média Simples
1	Não	37	10	27%	41%	50%
2	Não	175	111	63%		
3	Não	45	17	38%		
4	Não	26	9	35%		
6	Não	29	10	34%		
7	Não	53	27	51%		
5	Sim	16	7	44%	44%	44%

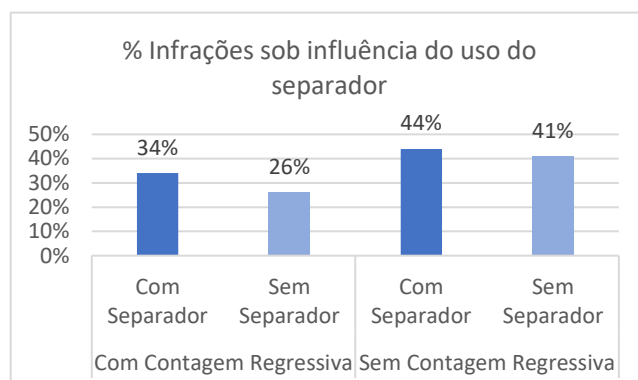


Figura 4.4 – Influência do separador central nas infrações ao sinal vermelho

#### 4.2.4.3. Efeito do Número de Vias

Avalia-se, inicialmente, os casos de transgressão do sinal vermelho em função do número total de vias atravessadas no conjunto dos sentidos existentes, independentemente da existência, ou não, de separador central e sem ter em consideração os sentidos de tráfego veicular.

Os locais com contagem regressiva analisados revelam situações com duas, três, quatro ou seis vias a serem atravessadas. Já nos casos sem contagem regressiva existem situações em que os peões atravessam locais com uma, três ou quatro vias de tráfego. As percentagens de transgressões ao sinal vermelho estão expostas nos Quadro 4.7 e Quadro 4.8.

Os resultados da média aritmética simples indiciam a existência de alguma aleatoriedade em função do número de vias a atravessar. Contudo a análise da figura em baixo (Figura 4.7 - *Nível de não acatamento em função do número de vias*), onde para além do valor médio, se apresenta a distribuição dos valores registados, permite inferir que, tal como seria expectável, existe uma ligeira tendência para redução da infração ao sistema à medida que aumenta o número de vias a atravessar.

Quadro 4.7 - % de infrações por números de vias em locais com contagem regressiva

<b>Com contagem regressiva - Número de vias atravessadas (com ou sem separador)</b>				
% de infrações por número de vias				
Travessia	2 vias	3 vias	4 vias	6 vias
1	63%	--	--	--
2	--	37%	--	--
3	19%	--	--	--
4	--	--	5%	--
5	--	--	10%	--
6	43%	--	--	--
7	10%	--	--	--
8	--	--	27%	--
9	--	--	40%	--
10	--	--	--	34%
11	20%	--	--	--
Média Aritmética Simples	26%	37%	21%	34%

Quadro 4.8 - % de infrações por número de vias em locais sem contagem regressiva

<b>Sem contagem regressiva - Número de vias atravessadas (com ou sem separador)</b>			
% de infrações por número de vias			
Travessia	1 via	3 vias	4 vias
1	--	27%	--
2	--	63%	--
3	--	38%	--
4	--	35%	--
5	--	--	44%
6	34%	--	--
7	51%	--	--
Média Aritmética Simples	28%	41%	44%

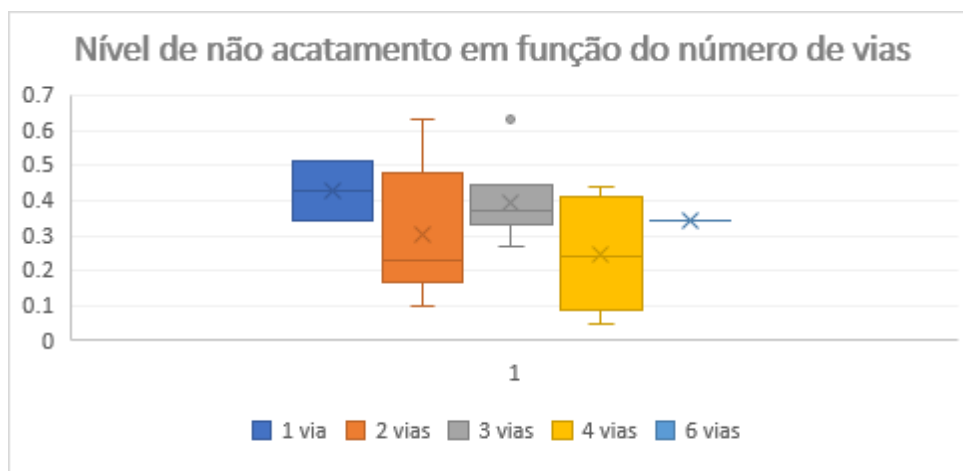


Figura 4.5 - Nível de não acatamento em função do número de vias

#### 4.2.4.4. Efeito do Número de vias vs Existência de Separador

Este ponto procura avaliar o efeito combinado da existência de separador e do número de vias no nível de infração ao sinal vermelho.

Os Quadro 4.7 e Quadro 4.8 acima e a Figura 4.6 seguinte apresentam de forma agregada os resultados obtidos.

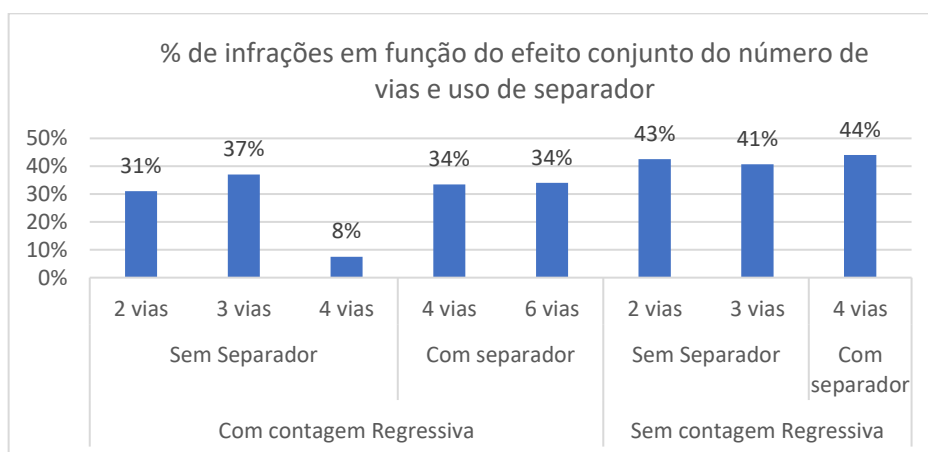


Figura 4.6 - Influência do efeito conjunto do número de vias com o uso de separador

De forma geral, a figura confirma as tendências identificadas anteriormente. Esta análise evidencia que a transgressão do sinal vermelho é mais acentuada em situações sem contagem

regressiva, comparativamente a travessias com esse dispositivo. Identifica-se uma ligeira tendência para o aumento das infrações à medida que aumenta o número de vias e sempre que existe separador central. No entanto, não é uma tendência fortemente sustentada, já que as percentagens apresentadas na Figura 4.6 não sugerem tendências marcadas.

#### 4.2.4.5. Efeito do Número de Vias vs Número de Sentidos

Ainda para os dados apresentados no Quadro 4.4, foram analisadas as transgressões consoante o número de sentidos de tráfego veicular em cada passadeira observada e continuando a comparar situações de “com” e “sem” contagem regressiva.

Os dados relativos a “vias”, referem-se ao número de vias de circulação em cada sentido. Da análise das infrações em função do número de vias por sentido de tráfego, expostas no quadro atrás referido, há uma maior tendência à transgressão do sinal vermelho em locais com apenas uma via por sentido de tráfego veicular. Verifica-se ainda que a tendência para serem observadas mais transgressões ao sinal vermelho continua a ser em locais sem dispositivo de contagem regressiva (ver Figura 4.7).

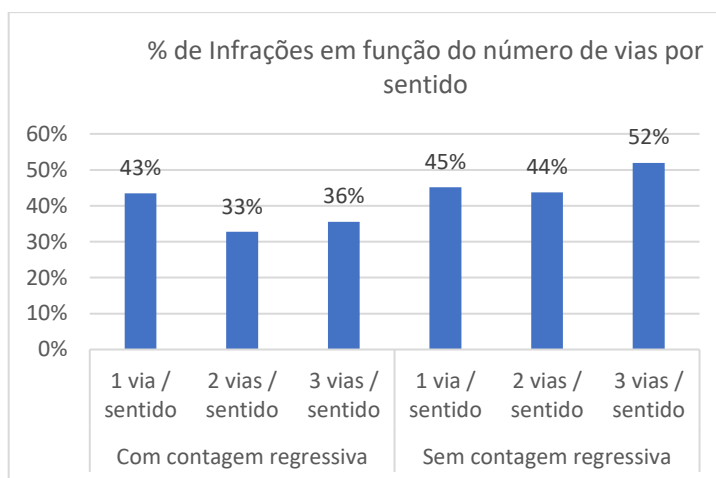


Figura 4.7 – Influência do número de vias de tráfego automóvel por sentido

Ainda da análise da Figura 4.7, constata-se que, quer em locais com contagem regressiva, quer sem este tipo de equipamento, há uma ligeira descida na percentagem de infrações no caso de duas vias por sentido em relação a todas as alternativas. Sendo que o expectável seria que o número de transgressões diminuísse com o acréscimo de vias (também da extensão) para atravessar, por haver uma maior sensação de exposição ao risco pelo acréscimo da extensão total do atravessamento, este resultado poderá, eventualmente, ser explicado pelos resultados



obtidos da análise anterior em que se observa o efeito conjunto do número de vias com a existência, ou não, de separador central. De facto, as maiores extensões de atravessamentos são apoiadas com refúgios para peões, propiciando pontualmente o atravessamento do peão quando este não tem direito de passagem. Uma outra razão possível para que, em alguns casos, haja uma maior percentagem de peões a atravessar em passadeiras com um maior número de vias pode decorrer de o peão ter conhecimento do plano de regulação do local onde se encontram as passadeiras e em que percebe quando pode haver um intervalo de tempo que o permita efetuar o atravessamento antes de ser acionado o sinal vermelho.

#### 4.2.4.6. Efeito da Extensão Total do Atravessamento

Considerando que todos os aspetos analisados nos subpontos anteriores se associam à exposição ao risco a que um peão fica sujeito quando atravessa uma rua, analisa-se ainda a eventual importância da extensão da própria travessia, independentemente de existirem ou não sistemas de contagem regressiva.

No Quadro 3.2 acima são referidas as extensões de cada uma das travessias, incluindo separadores centrais quando existentes, que são agora expostas no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 - Dados do nível de “não acatamento”, função da extensão da travessia

Travessia	% de “não acatamento” (Y)	Extensão da travessia com separador (m)	Extensão da travessia sem separador (m)
1	63	10	10
2	37	12	12
3	9	8	8
4	5	11	11
5	10	11	11
6	43	7,5	7,5
7	8	12	12
8	27	21	17
9	40	22	20
10	31	24	20,7
11	20	11	11

Recorrendo a técnicas de regressão linear simples procurou-se perceber se a variável “Extensão” tende ou não a influenciar o comportamento do peão. O nível de “Não acatamento” (Y) é caracterizado utilizando análises regressivas lineares, para situações com contagem regressiva e as extensões de cada uma das travessias expressas em metros.

O resultado apresenta um p-valor de  $0,654 > 0,05$ , comprovando que esta variável não se revela estatisticamente significativa na justificação do comportamento do peão. Contudo, o coeficiente encontrado assume um valor positivo de 19,99, sendo que o sinal positivo assume haver probabilidade de este ser um fator importante na avaliação do comportamento do peão.

Foi, ainda, efetuada a análise do nível de “não acatamento” considerando apenas as travessias sem separador central (travessias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 11 do Quadro 4.9), tendo-se obtido um p-valor de 0,578, igualmente não significativo.

Finalmente, foi ainda feita uma análise considerando as extensões de todas as travessias, excluindo a dimensão do separador central (ver dados no Quadro 4.9), tendo resultado de novo uma tendência não significativa (p-valor = 0,668).

A falta de significância estatística neste conjunto de análises, onde se pretende testar o possível efeito conjunto de mais de uma característica das travessias, sugere a necessidade de recorrer a uma amostra de dimensão significativamente maior do que a aqui disponível.

#### **4.2.4.7. Influência dos Ciclos em Sistemas de Contagem Regressiva**

Ambas as passadeiras com maior número de transgressões são reguladas a tempos fixos. Deste modo, optou-se por avaliar a eventual influência associada à duração do ciclo, limitando a análise a travessias providas de sistemas regulados a tempos fixos, com contagem regressiva.

A análise evidenciou a existência de uma correlação significativa, com um coeficiente de correlação  $R^2$ , de cerca de 59% (Figura 4.8), determinado com base nos dados do Quadro 4.10. Assim, o aumento do ciclo (refletindo indiretamente o tempo máximo de espera dos peões), como era expectável, parece aumentar a tendência de violações do sinal vermelho. O mesmo estudo não foi realizado para situações sem contagem regressiva, uma vez que apenas se dispunha de 2 travessias.

Recorrendo a uma regressão linear, obtém-se o p-valor para esta variável (ciclo semafórico) de 0,044, mostrando assim que o ciclo semafórico é estatisticamente significativo para a análise do nível de “não acatamento”.

Fez-se, também, uma outra análise incluindo todas as travessias (todos os dados do Quadro 4.10), incluindo as reguladas com atuação da botoneira. O ciclo considerado nestes casos é determinado considerando o tempo de verde para os peões e ciclo máximo. Da regressão feita resultou um p-valor de 0,146, passando assim a não ser estatisticamente significativo considerar as travessias de comando atuados. Esta perda de significância pode estar associada à variabilidade efetiva da duração do valor dos ciclos.

Quadro 4.10 - Relação do nível de “não acatamento” com o ciclo semafórico

Travessia	Nível de "não acatamento"	Ciclo máximo(seg)	Ciclo semafórico
1	63%	125	Fixo
2	37%	135	Fixo
3	8%	75	Fixo
4	40%	124	Fixo
5	34%	124	Fixo
6	20%	93	Fixo
7	27%	120	Fixo
8	8%	65	Atuado
9	43%	16	Atuado
10	5%	55	Atuado
11	10%	46	Atuado <sup>5</sup>

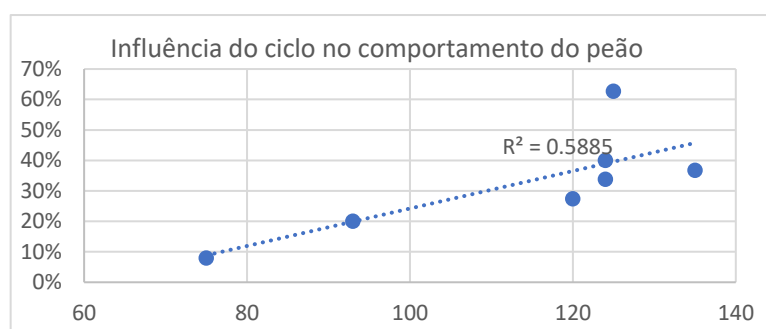


Figura 4.8 - Relação entre o valor do ciclo e a % de violações ao sinal vermelho

Fez-se, também, uma outra análise incluindo todas as travessias (todos os dados do Quadro 4.10), incluindo as reguladas com atuação da botoneira. O ciclo considerado nestes casos é determinado considerando o tempo de verde para os peões e ciclo máximo. Da regressão feita resultou um p-valor de 0,146, passando assim a não ser estatisticamente significativo considerar as travessias de comando atuados. Esta perda de significância pode estar associada à variabilidade efetiva da duração do valor dos ciclos.

No ponto 4.3, o possível impacto do ciclo semafórico volta a ser analisado com dados obtidos na segunda fase de observações. As análises não são efetuadas em conjunto por terem sido recolhidas em condições diferentes. Tal como o ciclo semafórico, será ainda abordado, na mesma seção, o efeito do tempo de espera no comportamento do peão.

<sup>5</sup> Em casos como a travessia 11 cujo ciclo é atuado, o valor exposto para o tempo máximo deste ciclo foi considerado como o valor máximo de tempo de vermelho observado.

#### **4.2.5 Síntese**

Do levantamento do estado da arte, a expectativa seria que os peões apresentassem uma maior tendência a transgredir o sinal vermelho quando não existe equipamento de contagem regressiva associado a travessias pedonais semaforizadas. De facto, o desenvolvimento deste trabalho, confirma essa tendência.

O mesmo é confirmado com a análise segregada por género. Indo de encontro a estudos publicados, os homens revelaram-se como sendo mais infratores comparativamente às mulheres. Já quando avaliado o efeito associado ao grupo etário também se confirma genericamente o apontado pela bibliografia da especialidade, registando-se um maior nível de acatamento nos indivíduos com idades superiores a 65 anos.

No que concerne à existência de separador, concluiu-se que em locais providos de separador, o número de transgressões tende a ser maior. Note-se que, apesar disso, há uma maior tendência para respeitar o sinal na presença do temporizador do tipo I. No entanto, este aspeto carece de desenvolvimentos complementares, nomeadamente tendo por base a sua possível correlação com o número de vias que o peão atravessa antes e depois da chegada ao local onde está materializado este refúgio.

### **4.3 Avaliação do efeito de outros fatores relevantes**

#### **4.3.1 Hora de Ponta vs Fora da Hora de Ponta**

Este ponto centra-se na avaliação do efeito da hora de ponta no comportamento dos peões, sendo ainda indiretamente, também testada a eventual importância dos fluxos de tráfego.

Considerando os mesmos locais de atravessamento da análise anterior, nesta segunda fase de contagens foram observados 534 peões em hora de ponta e 790 fora da hora de ponta. Atendendo a que alguns dos atravessamentos sofreram alterações do sistema semafórico e que algumas das travessias foram observadas só em hora de ponta ou apenas fora deste horário, o número de atravessamentos é, agora, diferente do usado na seção 4.2.

Genericamente, verifica-se que em hora de ponta 33% dos peões não acatam o sinal vermelho. Já fora da hora de ponta o número sobe ligeiramente, atingindo os 35%. Estes resultados são obtidos por aplicação dos dados expostos nos Quadro 4.11 e Quadro 4.12.

Quadro 4.11 - % violações em Hora de Ponta - locais com contagem regressiva

Travessia	Total peões	Violações	%Violações
1	18	3	17%
2	175	31	18%
3	67	39	58%
4	127	54	43%
5	140	46	33%
6	16	8	50%
Total	543	181	33%

Quadro 4.12 - % violações Fora da Hora de Ponta - locais com contagem regressiva

Travessia	Total peões	Violações	%Violações
1	20	5	25%
2	302	62	21%
7	24	4	17%
4	155	76	49%
5	215	101	47%
8	74	27	36%
Total	790	275	35%

Os dados observados (ver o Quadro 4. 13) permitiram realizar uma regressão linear simples considerando o efeito da hora de ponta como variável binária (1- “hora de ponta” e 0 - “fora da hora de ponta”). A variável dependente manteve-se o nível de “não acatamento”, tendo-se obtido um *p-valor* de 0,450, pelo que o efeito da hora de ponta, embora apresentando a tendência esperada, não se revelou estatisticamente significativo, para o que terá contribuído a pequena dimensão da amostra (4 sítios e 8 atravessamentos).

Usando o t-student para verificação do resultado anterior, foi obtido um p-valor de 0,451, confirmando a análise anterior, assim como a tendência para não haver significância estatística nos fatores “hora de ponta” e “fora da hora de ponta”.

De facto, esta análise é pouco robusta, na medida em que assenta num número reduzido de locais onde foi possível recolher dados nos dois horários. O gráfico seguinte (Figura 4.9) apresenta, o nível de não acatamento registado nas quatro travessias apresentadas no Quadro 4.

13. A sua análise mostra que, independentemente da travessia considerada, o nível de não acatamento revelou-se sempre ligeiramente superior fora da hora de ponta. Embora, em alguns casos as diferenças não sejam muito marcadas, este resultado responde ao expectável, indiciando uma diferença comportamental dos peões em função do período do dia e, eventualmente, da intensidade do tráfego motorizado conflituante.

Quadro 4. 13 – Nível não acatamento função do período do dia

Travessia	Nível de "não acatamento" (%)	Hora de ponta
	Y	D
1	17	1
1	25	0
2	18	1
2	21	0
4	43	1
4	49	0
5	33	1
5	47	0

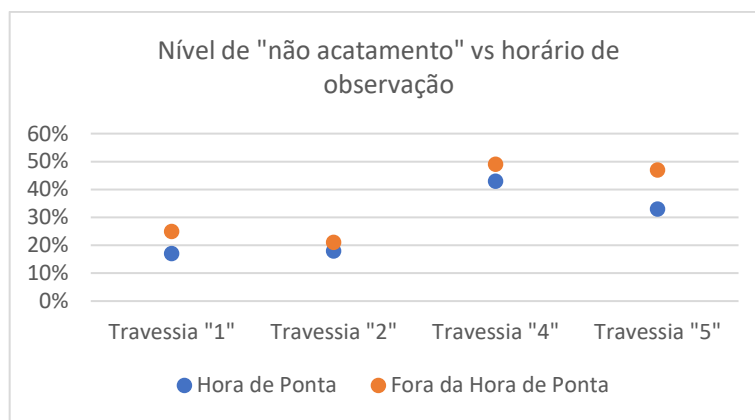


Figura 4.9 - Comparação do nível de “não acatamento” função do horário

Também os gráficos apresentados na Figura 4.12 mostram as tendências gerais para a transgressão do sinal vermelho em locais com contagem regressiva, comparando os comportamentos em hora de ponta ou fora da hora de ponta, para todas as travessias observadas nesta fase de recolha de dados.

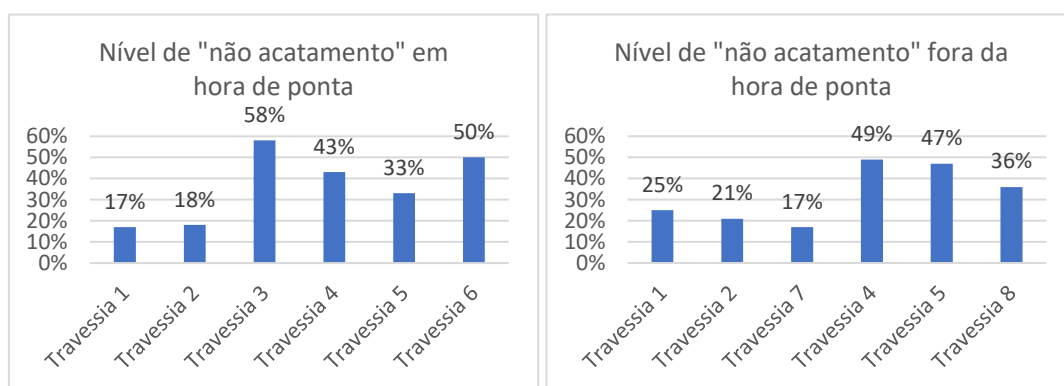


Figura 4.10 - Nível de “não acatamento” na hora de ponta e fora dela

Note-se que, apesar de o número de travessias analisadas ser igual, não são correspondentes entre si, já que não foram conseguidas condições para avaliar todas as passadeiras nos dois horários. No entanto, genericamente, as percentagens de transgressões são maiores fora da hora de ponta, confirmando o referido anteriormente.

#### 4.3.2 Influência do Movimento em Grupo

Neste ponto, analisa-se a influência da deslocação em grupo no atravessamento da rua.

De forma a determinar as percentagens de peões que transgridem o sinal vermelho quando caminham sozinhos ou em grupo, é contabilizado o total de peões que caminham em grupo ou sozinhos e, de seguida, o total destes que atravessam a rua durante o sinal vermelho, considerando em separado os dois tipos de caminhada. O rácio entre os infratores e o total, dá a percentagem de peões que entram na análise de comportamentos de risco consoante o tipo de caminhada. A análise engloba ainda os dois tipos de sistemas semafóricos que têm vindo a ser estudados: com e sem contagem regressiva.

A análise é feita segregando os períodos do dia em análise, como mostra a Figura 4.13.

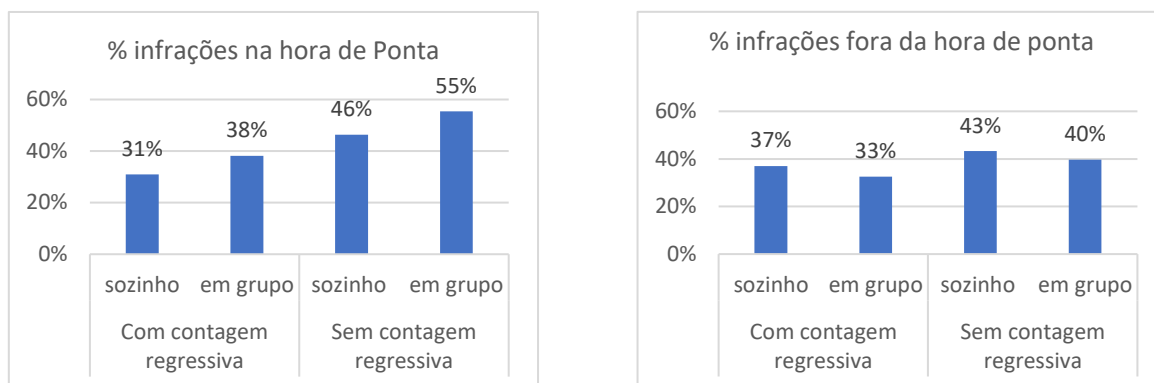


Figura 4.11 - % de infrações dependentes do tipo de caminhada e do horário

Pela observação dos dois gráficos apresentados nota-se que não há uma conclusão em função do estilo da caminhada, considerando que esta se faz em grupo ou sozinho. De facto, para locais sem contagem regressiva, em “hora de ponta” o peão tende a infringir o indicado pelo sinal quando caminha em grupo e, “fora da hora de ponta”, os resultados divergem, já que, em locais com contagem regressiva os resultados foram o inverso.

No entanto, esta não é uma diferença significativa para tirar fortes conclusões, já que estes resultados podem ser influenciados pela baixa dimensão da amostra.

### 4.3.3 Influência no Tempo de Espera

É previsível que o tempo que o peão tem de esperar até obter o verde possa influenciar o seu comportamento e, em particular, a sua aceitação do “risco”. No seguimento dos resultados obtidos com a análise da possível influência da dimensão do ciclo, reportada no ponto 4.2.4.7. acima, optou-se por procurar analisar a relevância estatística dessa variável, estudando o efeito do tempo de espera num conjunto de 9 atravessamentos, sendo que 6 deles usufruem de um sistema de contagem regressiva e 3 sem contagem regressiva (Quadro 4.14).

Foram contabilizados todos os tempos que os peões esperaram para atravessar cada travessia segregados consoante o peão atravessa no verde e sempre que opta por atravessar no vermelho. A análise foi limitada aos peões que chegaram durante o sinal vermelho e que: (1) optaram por atravessar ainda durante o tempo de vermelho; (2) aguardaram pelo sinal de verde.



Quadro 4.14 - Atravessamentos considerados na análise do tempo de espera

Com contagem regressiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rua D. Manuel I (livraria Almedina)</li> <li>- Rua Olímpio Nicolau Rui Fernandes</li> <li>- Rua Dr. Augusto da Costa</li> <li>- Estação Nova</li> <li>- Avenida Sá da Bandeira (junto ao TAGV)</li> <li>- Avenida Emídio Navarro</li> </ul>
Sem contagem regressiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interseção na Rua dos Combatentes</li> <li>- Interseção Rua D. Manuel I e Rua Brotero</li> <li>- Rua João de Deus Ramos</li> </ul>

A Figura 4.14 apresenta os tempos médios de espera registados, consoante atravessaram no vermelho ou no verde. Tal como seria expectável, independentemente do local estudado, o tempo médio de espera sempre que o peão opta por atravessar no vermelho, é sempre inferior ao tempo de espera para atravessar no verde. É ainda de registar uma tendência relativamente consistente, nos vários locais estudados, para a definição do tempo médio de espera no vermelho, o qual se cifra próximo dos 10 segundos.

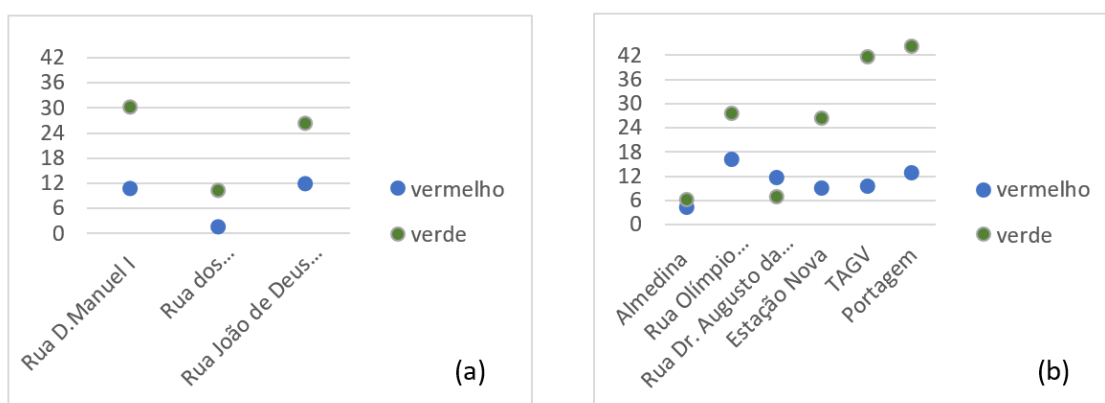


Figura 4.12 - Comparação de tempos médios de espera (a) sem contagem regressiva; (b) com contagem regressiva

De facto, em média, o tempo de espera do peão até decidir atravessar no vermelho não depende de forma muito evidente da existência ou não de temporizador, cifrando-se nos 11 e 8 segundos respetivamente, parecendo estar no essencial associado ao surgimento de uma oportunidade aceitável.

Já os peões que optam por aguardar pelo sinal de verde aguardam por períodos de tempo bem mais significativos e variáveis, os quais dependem, de forma direta, da duração do ciclo (como expectável). Para os casos estudados, esses tempos de espera atingiram, em termos médios, os 25,6 segundos para travessias com temporizador e 22,0 segundos em travessias com temporizador.

Estes resultados parecem indiciar que há um conjunto de peões que tentará sempre atravessar no vermelho desde que apareça uma oportunidade. No entanto, poderá haver alguns peões que só tentarão a atravessar no vermelho se o tempo máximo expectável de espera for muito longo, implicando a eventual relevância de um fator “impaciência”.

Este fator de “impaciência” foi testado usando uma série de 325 observações, relacionando o tempo que cada peão espera até atravessar ( $T_e$ ), com o tempo máximo de espera ( $T_{máx}$ ) possível no local em que cada um dos peões pretende atravessar. O ( $T_{máx}$ ) é o tempo máximo de vermelho com que o peão pode ser confrontado, desde a sua chegada ao local da travessia até que efetivamente tem direito de passagem, ou seja, a chegada é no momento de início do vermelho e a partida coincide com o início do verde.

A correlação simples entre estas duas variáveis está representada na formulação matemática (5), associada a um coeficiente de correlação de 2% e um p-valor de 1,16, o que não confirma a significância estatística da relação.

$$T_e = 20,11 - 0,08 T_{máx} \quad (5)$$

Procurou ainda estudar-se de que forma o tempo de espera médio por travessia com contagem regressiva de peões que chegam durante o sinal vermelho e esperam pelo sinal verde, pode influenciar o nível de “não acatamento” do sinal vermelho. Utilizando os dados apresentados no Quadro 4.15, recorreu-se a uma análise de regressão simples.

Quadro 4.15 - Análise do nível de “não acatamento” em função do tempo de espera

Travessia	Nível de "não acatamento" (%)	Tempo médio de espera (seg)
1	25	6,00
2	21	27,81
3	17	7,13
4	49	26,30
5	47	44,02
6	36	41,50

A análise da relação direta entre estas duas variáveis evidencia (ver Figura 4.13) a existência de uma tendência bem evidente de crescimento do nível de não acatamento perante o aumento do tempo de espera, sendo o  $R^2$  obtido de 45%.

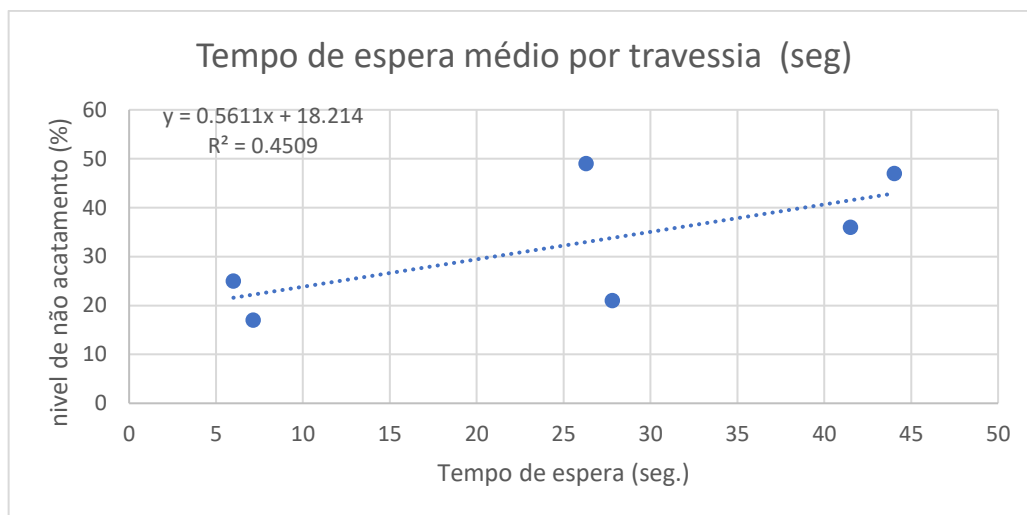


Figura 4.13 - Análise do tempo de espera em locais com contagem regressiva

No entanto, o p-valor relativo ao  $T_e$  é de 0,144, não confirmando a significância estatística o que muito provavelmente se deve à reduzida dimensão da amostra.

#### 4.3.4 Síntese

Esta parte da avaliação comportamental dos peões durante o atravessamento de uma passadeira equipada com sistema semafórico englobou a análise do eventual impacto de fatores como a hora de ponta em contraste com fora da hora de ponta, a influência da caminhada isolada ou em grupo, bem como o tempo expectável de espera.

No caso do período horário em análise seria de prever que, dado que num período designado “fora da hora de ponta” tendem a circular menos veículos, os peões transgredissem em maior número as indicações do sinal vermelho que proíbe a travessia das passadeiras. Ao comparar locais observados em ambos os horários, conclui-se que esta expectativa é confirmada, ressalvando-se, no entanto, o facto de se ter usado uma amostra com um baixo número de travessias.

No que respeita ao potencial efeito de caminhar isolado ou em grupo os resultados foram inconclusivos e mesmo contraditórios, já que “Fora da hora de ponta”, se verificou um maior respeito pelo sinal vermelho quando se caminha em grupo. Por oposição, na “hora de ponta” o resultado inverteu-se. Contudo, a pequena dimensão da amostra indicia a necessidade de serem desenvolvidos trabalhos complementares.

Finalmente, no que concerne ao efeito do tempo de espera para atravessamento, tal como expectável, e apesar da correlação não se ter relevado estatisticamente significativa, identificou-se uma tendência clara de aumento do nível de não acatamento à medida que aumenta o tempo médio de espera por travessia, evidenciando um efeito de “impaciência” face à adoção de ciclos longos.

À semelhança das análises desenvolvidas na primeira fase, também neste ponto se justifica o desenvolvimento de análises complementares, envolvendo o estudo das eventuais correlações entre variáveis explicativas e o desenvolvimento de um modelo multivariado final.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 Conclusões

O presente estudo centrou-se na avaliação do desempenho dos sistemas de contagem regressiva na ótica do seu potencial efeito sobre o comportamento dos peões, baseada em análises comparativas do nível de violação do sinal vermelho em sistemas com e sem esse equipamento.

O levantamento do estado da arte aponta para o registo de diversas vantagens associadas ao uso deste dispositivo contribuindo para o aumento da sensação de segurança a estes utilizadores da via pública quando pretendem realizar um atravessamento. Apesar disso, os resultados reportados pelos diferentes estudos não são sempre totalmente consistentes, justificando-se claramente aprofundar esta questão.

O trabalho foi suportado pela criação de uma base de dados real assente no estudo de um conjunto de 18 travessias situadas na cidade de Coimbra, 11 com contagem regressiva e 7 sem contagem regressiva. Para cada um desses locais procedeu-se paralelamente ao levantamento de um conjunto alargado de potenciais variáveis explicativas, relacionadas quer com características do peão, quer com a infraestrutura e sistema semafórico de suporte à travessia.

Em termos gerais, os resultados obtidos permitiram comprovar que o recurso a este equipamento se traduz numa maior tendência de respeito pelo sinal vermelho, induzindo os peões a aguardarem pelo sinal verde para atravessarem em segurança.

Por outro lado, ficou evidente de que há múltiplos fatores que tendem a influenciar a forma como os peões reagem à tarefa de utilizar uma travessia semaforizada, tendo ficado também clara a importância de desenvolver análises que integrem simultaneamente as várias variáveis explicativas.

Especificamente, ficou explícita a influência do género e da idade dos indivíduos que mais tendem a transgredir o sinal vermelho, tendo-se concluído que os homens são os que mais arriscam a travessia durante o vermelho. Pelo contrário, são os idosos, com mais de 65 anos que mais acatam a indicação dada pelo sinal vermelho.

Em relação a resultados menos conclusivos, a caminhada em grupo aparece como um dos campos a serem explorados em trabalhos futuros de forma a compreender as possíveis justificações para as diferenças observadas durante este estudo, nomeadamente relativamente

às contradições inerentes aos resultados relativos aos períodos de ponta e fora da ponta do tráfego.

Também as análises relativas ao potencial impacto sobre o comportamento dos peões da eventual existência de separadores centrais e do diferente número de vias por sentido não foram conclusivas, sugerindo a necessidade de aumentar a dimensão das amostras, para viabilizarem análises integradas, seja por técnicas de regressão múltipla seja por modelos de escolha discreta, onde o possível impacto de diferentes variáveis possa ser avaliado simultaneamente.

Finalmente, no que concerne ao efeito do tempo de espera médio para atravessamento identificou-se uma tendência clara de crescimento do não acatamento do vermelho com o aumento dessa variável, embora não estatisticamente significativa, o que evidencia um efeito de “impaciência” face a ciclos longos.

Analisando criticamente todas estas conclusões assim como as falhas observadas após este estudo, devia talvez ter-se iniciado cada uma das fases de análise, uma regressão múltipla entre as variáveis independentes, para que desta forma fosse possível concluir se cada uma delas seria ou não estatisticamente significativa em relação às outras.

## 5.2 Trabalhos Futuros

Apesar de não conclusivo em muitas das vertentes analisadas, como era de esperar face à dimensão das amostras (mesmo assim significativas) que foi possível recolher, este estudo poderá servir de base para eventuais trabalhos futuros.

Tal passará, necessariamente, por criar uma base de dados de maior dimensão e mais diversificada, integrando locais com diferentes características que permitam alargar o leque de variáveis explicativas precisas e que se venham a revelar como estatisticamente significativas na explicação do comportamento dos peões perante atravessamentos semaforizados, com ou sem contagens regressivas.

Desde logo, transpareceu da 1ª fase da análise a necessidade de incorporar variáveis relativas ao tráfego automóvel, seja em termos de volume de tráfego, seja da velocidade de operação. Desta forma será possível inferir se o comportamento dos peões face ao risco do atravessamento depende de outros fatores, para além da dimensão das brechas oferecidas pela corrente veicular conflituante.

Também o desenvolvimento de análises multivariadas se afirma promissora na avaliação do efeito integrado de múltiplas variáveis explicativas, depois de expurgadas as correlações

matriciais, face á relevância estatística de cada variável integrada na análise, nomeadamente aquelas, associadas quer aos peões quer à infraestrutura, que na 2ª fase de análises aqui desenvolvidas mostraram um potencial interessante, nomeadamente para explicar o impacto do efeito “impaciência” face à espera longa pelo sinal verde.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSR (2012). Ano 2012 Sinistralidade Rodoviária. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Ministério da Administração Interna
- ANSR (2017) “Programa de Proteção Pedonal e de Combate aos Atropelamentos”, Ministério da Administração Interna
- ANSR, (2018). "Relatório Anual de Sinistralidade Rodoviária". Observatório de Segurança Rodoviária, Portugal
- Arhin, A; Noel, E.; Lakew, M. (2011) “Evaluation of two Countdown Pedestrian Signal displays for pedestrian safety”. Howard University. District Department of Transportation, USA
- Austroroads, (1988). “Guide to Traffic Engineering Practise. Part 13, Pedestrians”. Austroroads, Sydney
- Bidarra, R. (2019). “Avaliação de estratégias de controlo dos atravessamentos pedonais em soluções semaforizadas”. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra
- Billings, K., & Walsh, B. (1991). New Pedestrian Facilities at Signalled Junctions. Vol P350, pp 1-12, citado por Department of Transportation, (1999).
- Bonetti, W., Pietrantonio, H. (2007). “Utilização de semáforos atuados pelo tráfego”. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
- Botha, J. L.; Zabyshny, A. A.; Day, J. E.; Northouse, R. L.; Rodriguez, J. O. e Nix, T. L. (2002). “Pedestrian countdown signals: an experimental evaluation”. San Jose, v1. Buckholz
- Buchanan, C. (1963). Traffic in Towns - a study of long term problems of traffic in urban areas. Londres: Ministry of Transport U.K.
- Coelho, M. (2011). “Os peões e a mobilidade urbana”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- CONTRAN (2014) “Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V” Conselho Nacional de Trânsito
- Cruz, S. (2017). “Avaliação do efeito dos sistemas de contagem regressiva no comportamento dos utilizadores”. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra



- DENATRAN, (1979). “Serviços de engenharia: Manual de Segurança de Pedestres”. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília.
- DENATRAN, (2014). “Sinalização vertical de indicação”. Conselho Nacional de Trânsito, Brasília.
- Diário da República, Decreto-Lei nº 163/2006 de 8/08.
- Ferreira, A. (2016). “Definição de estratégias de atravessamentos pedonais em rotundas”. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, Coimbra
- Fornaciari, Isabela. (2010) “Investigações no campo da programação semaforica”. Dissertação para obtenção de título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes. Universidade de São Paulo.
- Gonçalves, I. (2013) “Metodologias para avaliação das condições de circulação em intersecções controladas por sinais luminosos” Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- HCM (2000). Highway Capacity Manual. Washington D. C, Transportation Research Board
- Henriques, C. (2010) “Análise de Regressão Linear Simples e Múltipla” Departamento de Matemática, Escola Superior de Tecnologia de Viseu, Viseu.
- Huang, H. e Zegeer, C. (2000). “The effects of pedestrian countdown signals in Lake Buena Vista”. Florida Department of Transportation.
- Hunt, J. G., & Lyons, G. D. (1997). Enhanced Operating Strategies to Improve Pedestrian Amenity and Safety at Midblock Signalled Pedestrian Crossings. pp 183-196, United Kingdom.
- Jiangang, S., Chen, Y., Ren, F., Rong, J. (2007) “Research on Pedestrian Behavior and Traffic Characteristics at Unsignalized Midblock Crosswalk: Case Study in Beijing”. Article in Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board
- Keegan, O. e O’Mahony, M. (2003). “Modifying pedestrian behaviour”. Transportation Research, Part A., pp 889-901.
- Kidwai, F. A., Ibrahim, M. R., and Karim, M. R. (2005). “Traffic Flow Analysis of Digital Count Down Signalized Urban Intersection”. Journal of Mathematics and Technology, 5, pp -1301–1308.
- Lima, A (2014) “Os peões no contexto da mobilidade urbana”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- Loureiro, L. e Gameiro, M. (2011). “Interpretação crítica dos resultados para lá da significância estatística”. *Revista de Enfermagem Referência - III - n.º 3* – 2011.
- Lum, K. M., & Halim, H. (2006). “A before-and-after study on green signal countdown device installation”. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v9, pp. 29-41.
- Morais, C. (2002). “Descrição, análise e interpretação de informação quantitativa”. Instituto Politécnico de Bragança.
- Ramos, J. (2007). “A influência dos temporizadores no comportamento dos pedestres: um estudo de caso”. Dissertação para obtenção de grau de mestre, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
- Ribeiro, João (2010). “A Segurança dos Peões em Meios Urbanos”. Dissertação para obtenção do grau mestre em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico
- Seco, A. J. M., Antunes, A. J. P., Costa, A. H. P., Silva, A. M. B. (2008). “Manual de planeamento das acessibilidades e da gestão viária – Princípios básicos de organização de redes viárias”. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- Seco, A. J. M., Costa, A. H. P., Vasconcelos, A. L. P. (2008). “Manual de planeamento das acessibilidades e da gestão viária – Sinais luminosos”. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- Seco, A. J. M., Macedo, J. M. G., Costa, A. H. P. (2008). “Manual de planeamento das acessibilidades e da gestão viária – Peões”. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- Silva, J. (2001). “Novas soluções na otimização de atravessamentos pedonais regulados por sinalização luminosa.” Dissertação para obtenção de Grau Mestre em Engenharia Urbana, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.
- Silva, T. L. P. Q., Jacques, M. A. P. (2003). “Estimativa do headway de descarga em interseções semaforizadas com auxílio de redes neurais artificiais”. *Revista Transportes*, vol. XI, pp. 25-32.
- Sousa, A. (2016), “Avaliação do Sistema Pedonal para Melhoria da Mobilidade Urbana”. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil: Geotecnia e Ambiente, Universidade da Beira Interior, Covilhã

- Spigolon, L.M.G., 2010, Semáforo: Grupo Focal Convencional X Grupo Focal com Informação do Tempo de Verde/Vermelho Restante. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes da Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.
- Szasz, P. (1997) – Estudo de Viabilidade de Implantação de Centralização Semafórica na Cidade de Campinas, EMDEC: Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas, Brasil
- Teles, P. (2007). Guia de Acessibilidade e Mobilidade para Todos. Secretariado de Estado Adjunta e da Reabilitação.
- VicRoads. (2004). Specification for Puffin Crossing “Walk” Detectors - TCS 027-1-2004. Intelligent Transport Systems Group
- Vinay, V. (2012) “Effectiveness of countdown pedestrian systems in downtown San Diego”. Faculty of San Diego State University.
- Xavier, R. (2008) “Projeto de regulação luminosa. Intersecções reguladas por sinais luminosos de comando atuado ou semi-atuado”. Relatório de projeto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- Zegeer, C., Seiderman, C., Lagerwey, P., Cynecki, M., Ronkin, M., Schneider, R. (2002). “Pedestrian Facilities Users Guide – Providing Safety and Mobility”. Federal Highway Administration. U.S. Department of Transportation

Sites consultados:

Gov.UK@2019: <[www.gov.uk](http://www.gov.uk)> acedido a: 16 maio 2019

NexoJornal@2019: <[www.nexojornal.com.br](http://www.nexojornal.com.br)> acedido a: 7 fevereiro 2019

Pordata@2019: <[www.pordata.pt](http://www.pordata.pt)> acedido a: 31 janeiro 2019

Drivingtest@2019: <[www.drivingtesttips.biz](http://www.drivingtesttips.biz)> acedido a: 16 maio 2019

circulaseguro@2019: [www.circulaseguro.pt](http://www.circulaseguro.pt) acedido a 18 de maio de 2019