



Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu



À minha família pelo apoio!

RESUMO

Os modelos de microssimulação revolucionaram a forma como os trabalhos de engenharia de tráfego são hoje realizados. Estes modelos possibilitam a determinação de parâmetros de avaliação de redes viárias, como pontos de congestionamento, volumes de tráfego, tempos de viagem, entre outros, viabilizando a análise de situações existentes e hipotéticas, com custos reduzidos e sem perturbar o sistema viário. Tendo presente as vantagens inerente a estes modelos, procedeu-se à análise da rede viária na cidade de Tondela, onde havia sido identificado um conjunto de problemas pelo município.

Na primeira parte do presente documento é efetuado o seu enquadramento geral, detalhando as atividades propostas e realizadas no âmbito do estágio curricular realizado na Câmara Municipal de Tondela.

De seguida é apresentada a estrutura geral do trabalho referente à modelação e simulação do Centro Histórico de Tondela. Inicialmente é realizada uma revisão bibliográfica sobre os métodos de avaliação do desempenho de interseções urbanas. Esta revisão permitiu identificar modelos estatísticos e probabilísticos adequados à análise de interseções isoladas, e a técnica de microssimulação, enquanto método privilegiado de avaliação de redes. O presente trabalho assenta nesta última abordagem, tendo por base o *software* Aimsun. Numa primeira fase efetuou-se uma recolha de dados, nomeadamente velocidades, tempos de trajeto e incidentes periódicos, necessários para a construir, calibrar e validar o modelo. Estes dados foram obtidos através de contagens de tráfego em diversos pontos da rede viária e sessões de recolha de dados contínuos de velocidade utilizando um veículo instrumentado. De seguida foi construído e calibrado o modelo da rede viária existente. Finalmente, desenvolveu-se um cenário hipotético de intervenção na rede com o objetivo de mitigar alguns dos problemas identificados. Estas propostas foram comparadas com a situação existente, recorrendo a quatro indicadores distintos, nomeadamente tempo de percurso, distância percorrida, consumo de combustível e emissões ambientais.

Palavras-chave: Microssimulação, Tondela, Aimsun, Modelação de tráfego, Índices de desempenho

ABSTRACT

Performance assessment is an essential process in the design or restructuring of any transport system. Traffic microsimulation models revolutionized the way traffic engineering studies are carried out. These models enable the determination of evaluation parameters, such as the location of congestion points, traffic volumes and travel times, among others, making it possible to predict existent and hypothetic situations with a low cost and without disturbing the natural movement of the road system. Taking this into consideration, it was made an analysis of the road network in the city of Tondela where it has been identified a set of problems.

The first part of this document presents its global framing, describing the activities carried out within the context of an internship in the city hall of Tondela.

The next phase comprises the presentation of the modelling and simulation of the Tondela historic centre. First it was necessary to do a revision of the literature already in existence related to the methods of evaluating the performance of urban intersections and roads. Statistic and probabilistic methods are adequate to study single intersections, whereas simulation methods are preferred for the evaluation of the global road network. The method chosen for this work is based in the Aimsun microsimulation model.

The first part of this task involved the gathering of data, namely the parameters of free-flow speed, journey time and periodic incidents, required to calibrate and validate the reference model. This data was obtained by traffic counts in different places of the road network and by continuous speed data, recorded along a set of sections, using an instrumented vehicle. After the data was obtained it was built a model of the existing road network. Finally, it was developed a hypothetical scenario of intervention in the network with the objective of mitigate some issues present in the roads. This scenario was modelled and compared with the existing situation, via four distinct indicators, journey time, travelled distance, fuel consumption and environmental emissions.

Keywords: Microsimulation, Tondela, Aimsun, Traffic modelling, Performance indices

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas que me ajudaram a realizar esta dissertação devem ter conhecimento que não se tratou de uma tarefa fácil de terminar e por isso expressei os meus sinceros agradecimentos pela compreensão e ajuda de todos os intervenientes presentes, em especial:

Ao meu orientador, Professor Doutor António Luís Pimentel Vasconcelos, pela orientação excecional, apoio incondicional e amizade disponibilizada em todos os anos letivos e em especial no acompanhamento na execução desta dissertação.

A todos os docentes do Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, pela partilha de conhecimentos, amizade demonstrada e disponibilidade em qualquer momento. Ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, pela disponibilização da licença de utilização do *software* Aimsun.

À entidade recolhadora, Câmara Municipal de Tondela, pela disponibilidade de me receber nas suas instalações e a todos os funcionários com que tive o prazer de trabalhar, de modo especial à Vereadora Carla Antunes, ao Engenheiro António Silva e ao Engenheiro António Costa. Agradeço ainda ao departamento técnico que me acolheu, agradecendo ao Mestre Carlos Dias, Técnica Paula Morgado, Arquiteto Fernando Lavadouro, Arquiteto Miguel Costa e Engenheiro João Lima pelo convívio, momentos passados, partilha de conhecimentos e dados e pela possibilidade de trabalhar conjuntamente.

A todos os meus colegas que estiveram disponíveis nos momentos que mais necessitei de ajuda, nomeadamente à Engenheira Joana Cunha, ao Engenheiro Carlos Sá e ao Engenheiro Vítor Hugo pela disponibilidade presenteada na realização do documento em questão. Não existem palavras suficientes para o agradecimento à Engenheira Sara Oliveira e ao Engenheiro Raul Almeida pela determinação, persistência e ajuda prestada na revisão do documento final.

Por fim, quero agradecer à minha família. Aos meus pais pela compreensão e apoio na realização do documento, e à minha namorada, um agradecimento especial por me ter apoiado, ajudado e aturado ao longo destes longos meses de trabalho, sem ti nada disto era possível.

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivo do estágio e metodologia geral	2
1.3 Estrutura da dissertação	5
2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DE REDES VIÁRIAS URBANAS	7
2.1 Introdução	7
2.2 Métodos de avaliação de interseções isoladas	8
2.3 Métodos de avaliação de redes viárias	9
2.4 Seleção do modelo de desempenho	13
2.5 Características do modelo Aimsun	15
3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE REFERÊNCIA	17
3.1 Definição da área de estudo e estrutura da rede	17
3.2 Recolha e tratamento de dados	20
3.2.1 Introdução	20
3.2.2 Incidentes periódicos	25
3.2.3 Velocidades e tempos de trajeto	27
3.2.4 Tratamento de dados	32
3.3 Modelação da rede	34
3.3.1 Introdução	34
3.3.2 Construção da rede	34
3.3.3 Matriz O/D	37

3.4	Calibração.....	39
3.4.1	Velocidade livre	40
3.4.2	Escolha de trajetos	41
3.4.3	Centróides internos na rede.....	43
3.4.4	Incidentes periódicos.....	43
3.5	Validação.....	44
3.6	Conclusões.....	46
4.	PROPOSTA DE ALTERAÇÃO E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	47
4.1	Introdução.....	47
4.2	Indicadores de desempenho.....	48
4.2.1	Tempo total de deslocação e distância total percorrida	48
4.2.2	Consumo de combustível.....	48
4.2.3	Aspetos ambientais	49
4.3	Proposta de alteração.....	51
4.4	Comparação de resultados.....	54
4.5	Conclusões.....	57
5.	CONCLUSÕES GERAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	59
5.1	Conclusões Gerais	59
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	APÊNDICE A.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Subdivisão do concelho e localização dos trabalhos efetuados (Wikipédia, 2016)...	4
Figura 2 - Modelo TRANSYT 15 (TRL Limited, 2016).....	11
Figura 3 - Modelo SATURN (Atkins Limited, 2016).....	12
Figura 4 - Modelo Aimsun (TSS, 2016).....	13
Figura 5 - Fluxograma de construção de modelo Aimsun, adaptado de Bernardo (2015).....	16
Figura 6 - Localização da cidade de Tondela (Wikipédia, 2016) e sua subdivisão (CMT, 2016)	18
Figura 7 – Rede viária em estudo	19
Figura 8 - Delimitação da cidade (Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa à esquerda e Ex- N2 à direita).....	20
Figura 9 – Postos de contagem de tráfego (postos de extremidade – verde; postos internos – laranja).....	22
Figura 10 – Exemplo de contagens de tráfego realizadas durante uma sessão típica de recolha de dados.....	23
Figura 11 – Incidente periódico na Avenida Dr. António José de Almeida.....	26
Figura 12 – Veículo equipado com o <i>datalogger</i> da <i>Race Technology Ltd</i> (Modelo DL1 MK3)	28
Figura 13 – Percursos utilizados no processo de obtenção de dados	29
Figura 14 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso A1 e A2).....	29
Figura 15 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso B1, B2 e B3).....	30
Figura 16 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso C1 e C2)	30
Figura 17 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso C1 e C2)	31
Figura 18 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso E1, E2, E3 e E4).....	31
Figura 19 – Exemplo dos dados recolhidos de velocidade dos percursos A1 e A2	32
Figura 20 - Importação de base cartográfica	35
Figura 21 - Criação de curvaturas nos arruamentos	35

Figura 22 – Criação de nós	36
Figura 23 - Representação de centróide na rede	36
Figura 24 - Volume de tráfego através matriz O/D	37
Figura 25 - Posto de inquéritos O/D (Silva, et al., 2013).....	38
Figura 26 - Matriz O/D resultante (dia útil da semana, 7h30 – 9h30)	39
Figura 27 - Limites de velocidade (modelo original à esquerda e modelo alterado à direita) .	41
Figura 28 - Modelo representativo com utilização do fator θ (valor padrão a esquerda e valor 0,1 a direita)	42
Figura 29 - Localização dos centróides internos.....	43
Figura 30 - Comparação de velocidade de percurso real vs. simulada	44
Figura 31 - Modelo final calibrado e validado.....	45
Figura 32 - Diferença absoluta da velocidade de percurso simulado vs. real	46
Figura 33 - Valores de consumo de combustível para veículo padrão (Aimsun, 2014)	49
Figura 34 - Modelo Ambiental Aimsun.....	50
Figura 35 – Problemas identificados ao longo do estudo na rede viária de Tondela.....	52
Figura 36 – Problemas identificados (A – Arruamentos de largura reduzida; B – Acesso direto de rotunda; C – Acesso construído ilegalmente)	52
Figura 37 – Alterações propostas na rede viária (rede viária existente à esquerda e proposta de alteração à direita).....	53
Figura 38 – Identificação dos centróides analisados.....	55
Figura 39 – Tempo de percurso individual	56
Figura 40 – Distância percorrida individual	56

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Contagens de tráfego gerais (7h30 – 9h30).....	24
Tabela 2 - Duração dos incidentes periódicos	26
Tabela 3 – Frequência dos incidentes periódicos	27
Tabela 4 - Tempo de percurso e velocidade	33
Tabela 5 – Tempos médios dos incidentes e suas respectivas repetições	44
Tabela 6 – Vendas de veículos automóveis em Portugal 2014 adaptado (ACAP, 2015 p. 33).....	50
Tabela 7 – Origem das alterações propostas no modelo	53
Tabela 8 – Resultados do sistema viário atual.....	54

ABREVIATURAS E SIGLAS

AIMSUN	Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks
ARCGIS	Sistema de informação geográfica
CAD	Desenho assistido por computador
CMT	Câmara Municipal de Tondela
DEC	Departamento de Engenharia Civil
ESTGV	Escola Superior Tecnologia e Gestão de Viseu
GPS	Sistema de posicionamento global
HCM	Highway Capacity Manual
IP3	Itinerário Principal 3
PH	Passagem Hidráulica
TRL	Transportation Research Laboratory
ZIM	Zona Industrial Municipal

1. Introdução

1.1 Enquadramento

Uma rede viária urbana pode ser definida como um conjunto de eixos de circulação pedonal e motorizada com a função de assegurar a movimentação fluida e segura dos utentes, do seu ponto inicial ao seu destino, e que deve permitir, durante o percurso, optar por paragens ou mudanças de destino. O objetivo principal de uma rede viária é estabelecido como “assegurar a movimentação de veículos, pessoas e mercadorias em condições de segurança” (Branco et al., 1996). No caso de redes viárias urbanas, esta movimentação pressupõe a passagem de um eixo para outro a jusante, implicando naturalmente o recurso a diversos tipos de interseções. Neste caso, o desempenho da rede está diretamente relacionado com a capacidade e segurança das interseções, pontos críticos da rede em termos de demoras e de acidentes. Analisando a rede urbana de uma zona histórica, verifica-se que além dos pontos de interseção, existem geralmente pontos de estreitamento de vias, passagem de veículos em sentidos opostos em zonas de largura reduzida e paragens ocasionais de veículos na via, causadoras de congestionamentos e transtornos aos restantes utilizadores da via.

A avaliação do desempenho de rede viárias baseia-se na análise de indicadores relacionados com a capacidade das interseções e com os níveis de segurança e ambientais. O cálculo da capacidade de uma interseção isolada pode basear-se em duas abordagens: empírica ou estatística (baseadas em análises de regressão estatística), que correlacionam a capacidade com

as características geométricas prevalentes e com o tráfego conflituante, ou probabilísticos (baseados na teoria de *gap-acceptance*), que assentam na definição de leis de distribuição dos veículos nas diferentes correntes conflituantes (Vasconcelos, 2014). A avaliação da rede num todo, baseada em técnicas de simulação microscópica, tem sido alvo de análise nos últimos anos, sendo possível com este método a estimação dos níveis de segurança e de emissões poluentes (Vasconcelos, 2014).

A utilização da microssimulação possibilita a criação de modelos dinâmicos (as transições e mudanças nas condições são modeladas no decorrer da análise) e estocástica (as variáveis intervenientes são sujeitas a variações aleatórias) dos movimentos individuais dos veículos inseridos num sistema de tráfego, permitindo recriar em ambiente virtual uma representação da realidade (Oliveira, 2016). O modelo possibilita a criação de vários cenários na mesma rede, como demoras, planos de controlo de tráfego, horários de transportes, ações de tráfego e atributos de pontos singulares da rede (Tobar, 2014).

1.2 Objetivo do estágio e metodologia geral

O principal objetivo do estágio consiste na iniciação profissional, tendo em conta a integração num ambiente produtivo, aquisição de conhecimentos práticos na área de trabalho subjacente ao estágio, aprofundamento da necessidade de tomar decisões e de adquirir responsabilidades, e aprofundamento dos conhecimentos técnico-científicos, tendo sempre presente a totalidade da estrutura técnica e administrativa da entidade acolhedora.

A entidade acolhedora para este estágio, Câmara Municipal de Tondela (CMT), é o órgão colegial representativo do município com funções executivas, é eleita por sufrágio universal, direto e secreto dos cidadãos eleitores residentes e recenseados na área do município, segundo o sistema da representação proporcional, aplicando-se, para o efeito, o método de Hondt. A Câmara Municipal tem as competências materiais e as competências de funcionamento previstas na Lei n.º 75/2013 de 12 de setembro, que estabelece o regime jurídico das autarquias locais. O município de Tondela tem uma área de 371,22 km² e uma população de 28946 habitantes (dados de 2011) (Wikipédia, 2016), estando subdividido em 19 freguesias. O

município é limitado a norte pelo município de Vouzela e pela porção sul de Oliveira de Frades, a nordeste por Viseu, a sueste por Carregal do Sal, a sul por Santa Comba Dão, a sudoeste por Mortágua e a oeste por Águeda (Carvalho, 1981).

A estratégia de acessibilidades do município de Tondela é contemplada no “Estudo de circulação e segurança rodoviária de Tondela”, apresentado em maio de 2002. Contudo, esse é um documento de âmbito geral e não apresenta propostas concretas para o centro histórico da cidade (CMT, 2002). Ora, nesta zona observam-se alguns conflitos do tipo veículo-veículo e veículo-peão que justificam uma análise detalhada.

O estágio foi estruturado em duas partes distintas principais. A primeira parte refere-se a um conjunto de atividades propostas pela CMT, nomeadamente:

- a. Desenvolvimento de uma proposta de alteração da sinalização da zona urbana de Tondela, contendo o levantamento da sinalização da zona histórica e a criação de um documento com propostas que evidenciem os erros existentes (Apêndice A);
- b. Levantamento de diâmetros das condutas de águas pluviais na Zona Industrial Municipal (ZIM) de Tondela, localizada na povoação da Adiça, onde no decorrer das grandes chuvadas dos meses de abril e maio, foram detetados problemas no sistema de águas pluviais;
- c. Criação de troço de ligação entre Marruge – Quinta da Amieira, ligação que não consta da planta de implantação ou qualquer outro desenho existente nos ficheiros da CMT, sendo desse modo necessário para uma sinalização de pontos onde se verifique a necessidade de alargamento de vias ou outro tipo de obras acessórias;
- d. Levantamento geográfico de pontos arqueológicos com o objetivo fundamental de delimitar as zonas de proteção, para inserção no *software* ARCGIS, levantamento geográfico de linhas de água para o possível cálculo da inclinação do terreno, determinação da vegetação para cálculos de vazão e dimensionamento de uma passagem hidráulica (PH);
- e. Levantamento geográfico da Associação do Vale, onde após verificação visual da construção verificou-se que existiam discrepâncias entre a planta existente e o edificado, sendo o levantamento essencial para a construção de uma nova planta;

- f. Criação de um sistema de sinalização contínua entre os nós do Itinerário Principal 3 (IP3); após a criação de uma nova rede viária, a sinalização existente, não homogénea e pouco contínua, necessita de uma renovação, a qual foi já parcialmente implementada;
- g. Análise da viabilidade e estimativa de custos de arruamentos em Mosteiro de Fráguas, Tonda e Póvoa do Rodrigo Alves, sendo que para estes novos troços ou apenas para a sua pavimentação, é necessário um caderno de encargos, com quantidades, trabalhos discriminados e orçamentação de obra;
- h. Traçado de uma rotunda no Campo de Besteiros.

Além dos trabalhos propostos pela CMT, foi acompanhado um conjunto de obras a decorrer no município (“variante” e suas rotundas), a marcação rodoviária de passadeiras e parques de estacionamento nas zonas de Campo de Besteiros, Barreiro de Besteiros, Tondela e Dardavaz. O acompanhamento de uma vistoria a um edifício em avançado nível de degradação possibilitou determinar soluções possíveis, levantar autos e avisar os proprietários do prazo máximo que dispõem para solucionar a situação.

Todos os trabalhos realizados durante o período de estágio decorreram no município de Tondela, distribuídos pelo concelho uniformemente, como visível na Figura 1.

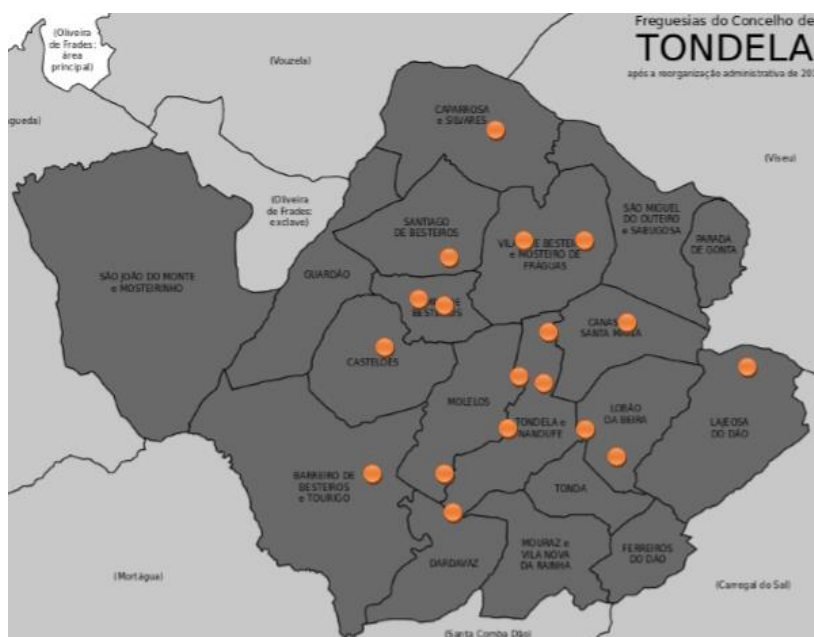


Figura 1 - Subdivisão do concelho e localização dos trabalhos efetuados (Wikipédia, 2016)

A segunda parte, respeitante à componente de investigação do estágio curricular, consiste no desenvolvimento e análise da viabilidade de diferentes propostas de reestruturação da rede viária na zona histórica de Tondela, tendo por base um modelo de microsimulação de tráfego.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. Nos parágrafos seguintes faz-se uma breve descrição do conteúdo de cada capítulo apresentado neste documento.

Capítulo 1 - Introdução, apresenta de modo geral a metodologia de trabalho, com um enquadramento do estágio, a apresentação da entidade acolhedora, os principais objetivos do estágio, as atividades propostas pela Câmara Municipal de Tondela durante o período de estágio, os principais objetivos da investigação realizada e a metodologia geral do documento.

Capítulo 2 - Metodologias de avaliação do desempenho operacional de redes viárias urbanas, onde se apresenta uma revisão dos métodos de avaliação de interseções urbanas, principalmente rotundas e cruzamentos (modelos estatísticos, probabilísticos) e de redes (modelos de simulação). Efetua-se uma análise aos métodos existentes e justifica-se a escolha de um método de análise particular para o presente estudo.

Capítulo 3 - Desenvolvimento do modelo de referência, neste capítulo é apresentado o desenvolvimento do modelo atual, assim como o procedimento de recolha de dados em campo, que expõe os dados necessários para a construção, calibração e validação do modelo de microsimulação. Inclui uma apresentação sistemática dos postos de contagem, dados de demoras e filas, e dados relativos a velocidades e tempos de percurso em regime livre. Apresenta ainda o modelo de microsimulação Aimsun, mostra de forma sucinta os passos gerais para a construção do modelo, construção da rede viária, através da importação de planta CAD, a construção e calibração da matriz origem/destino e, por fim, a calibração e validação do modelo.

Capítulo 4 - Proposta de alteração e apresentação de resultados, expõe a proposta de alteração, objetivo principal do documento, onde se apresenta uma proposta de alteração da rede viária

existente, com eliminação e criação de novos sentidos de tráfego e a comparação com o existente. Para uma comparação de alternativas, são utilizados indicadores de desempenho, como tempo de trajeto, distância percorrida, consumo de combustível e emissões ambientais.

Capítulo 5 – Conclusões e trabalhos futuros, sumariza as conclusões da dissertação e identifica novos tópicos que podem ser utilizados em novas investigações relacionadas com o tema estudado.

2. Métodos de avaliação do desempenho operacional de redes viárias urbanas

2.1 Introdução

Em meio urbano, o desempenho operacional de uma rede viária está ligado diretamente à capacidade das suas interseções, definida como o “máximo fluxo sustentável com que pessoas ou veículos conseguem atravessar um ponto ou um segmento uniforme de uma via ou estrada durante um determinado período de tempo, sob as condições geométricas, de tráfego, ambientais e de operação prevalentes” (Bernardo, 2015). Num nível básico, e considerando apenas a função de mobilidade, as vias urbanas são concebidas para permitir a circulação de veículos, sendo características como a largura de via, o número de vias e o tipo de utilizadores (veículos ligeiros, pesados e a presença de peões), a caracterizar a sua capacidade.

Os modelos de cálculo de capacidades ou de avaliação de desempenho das interseções e redes viárias podem ser subdivididos em três grandes categorias, em função da metodologia de cálculo e dos resultados a que conduzem. Assim, os modelos podem ser do tipo empírico (estatístico) e probabilístico no caso de interseções, e de simulação no caso de redes viárias.

2.2 Métodos de avaliação de interseções isoladas

Os modelos estatísticos de capacidades são utilizados principalmente em rotundas e procuram reconstruir de forma empírica a curva fluxo/capacidade, com recurso a observações locais efetuadas durante períodos de saturação de diferentes entradas com características geométricas diferenciadas e para níveis de fluxos prioritários variados. A abordagem estatística consiste na medição de um conjunto de variáveis eventualmente explicativas e na análise das inter-relações entre elas e com a variável a explicar. Estes modelos são utilizados desde a década de 70, principalmente na Europa e na Austrália e têm sido objeto de um aperfeiçoamento contínuo (Vasconcelos, 2014). O método empírico de capacidades mais conhecido é o modelo linear do *Transportation Research Laboratory* (TRL), desenvolvido no Reino Unido nos finais dos anos 70 com base em observações de campo (86 rotundas reais e 35 geometrias em circuito de teste) (Vasconcelos, 2014).

De acordo com este modelo, a capacidade de uma entrada varia linearmente com o fluxo conflituante e com as características geométricas dessa entrada, onde os parâmetros com mais relevância são a largura da via de aproximação, a largura da entrada e o comprimento efetivo do leque. Formas de cálculo idênticas são utilizadas nos métodos Português (desenvolvido pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e denominado método FCTUC), Francês, Suíço e Alemão. Os métodos diferem essencialmente nos parâmetros utilizados existentes para descrever a geometria da rotunda, que variam de dois parâmetros de entrada (método Suíço) até seis parâmetros (TRL original).

Segundo Vasconcelos (2014) a aplicação prática deste tipo de modelos tem revelado um conjunto importante de limitações:

- Assumem condições típicas de tráfego de entrada e de circulação, não refletindo, por exemplo, o acréscimo de capacidade que se verifica quando a maior parte do tráfego de entrada vira à direita;
- São, pela sua natureza, inadequados para estudar o desempenho de geometrias que não se enquadrem no respetivo domínio de calibração e validação, como é o caso das turbo-rotundas;

- Requerem um profundo trabalho de recalibração para aplicação em locais onde os condutores assumam comportamentos muito distintos dos que se observaram nos locais de calibração.

Os modelos probabilísticos são utilizados em rotundas e cruzamentos prioritários e baseiam-se na caracterização do processo de chegada dos veículos da corrente prioritária à interseção, e na avaliação da forma como os veículos não prioritários aproveitam as oportunidades de entrada resultantes, isto é, “são consideradas duas correntes de tráfego onde a secundária deve ceder o direito de passagem à principal” (Oliveira, 2016). Para o efeito assume-se que as chegadas dos veículos prioritários podem ser descritas através de uma distribuição estatística e que o número de veículos que entra para a interseção depende linearmente da duração do intervalo entre veículos prioritários (Vasconcelos, 2014).

Os primeiros modelos foram desenvolvidos assumindo uma única via prioritária em que o intervalo entre veículos segue uma distribuição exponencial negativa, mas posteriormente os modelos foram generalizados a múltiplas vias de circulação e distribuições de veículos de uma forma estatística mais realística, sendo estes modelos mais completos e requerem um estudo adicional, de forma a serem calibrados de forma realística. Devido a esta dificuldade do método, este frequentemente leva a que sejam recomendadas formulações mais simples, associadas a procedimentos de calibração menos robustos, como na edição do *Highway Capacity Manual* (HCM) (TRB, 2010) onde se encontra sugerida a utilização de uma fórmula que, no essencial, é idêntica à obtida por (Harders, 1968), não refletindo os desenvolvimentos já consolidados pela comunidade científica (Vasconcelos, 2014).

Os métodos NAASRA (Australiano) e o método Alemão de aceitação de folgas, são dois exemplos de modelos probabilísticos com formulas desenvolvidas e extensas para a determinação de capacidade de entrada (Machado, 2004).

2.3 Métodos de avaliação de redes viárias

Os modelos de transportes começaram a ser desenvolvidos no período pós 2.^a Guerra Mundial como resposta ao grande crescimento económico e consequente aumento da mobilidade em

transporte individual. Existia nesta altura a necessidade de criar ferramentas que pudessem recriar, num curto espaço de tempo, o efeito da interação entre políticas de usos do solo e a oferta de transportes (Silva et al., 2013). Os modelos de transportes apresentam três grandes vantagens sobre técnicas tradicionais, do tipo antes-e-depois, baseadas nas observações apresentadas em (Lindley, 2004)

- a) Possibilidade de simulação de uma vasta gama de condições operacionais com facilidade e rapidez, sem custos adicionais e sem as dificuldades e tempo dispensado nas observações de novas situações de tráfego;
- b) Possibilidade de obtenção de dados simulados em cenários difíceis ou impossíveis de serem observados na prática;
- c) Possibilidade de obtenção de dados impossíveis de obter na prática (e.g. determinação das emissões atmosféricas em pontos específicos da rede).

Existem três categorias fundamentais de modelos de simulação de tráfego, sendo estas a análise macroscópica, a análise mesoscópica e a análise microscópica. A escolha de uma destas categorias de modelos depende essencialmente do tipo de dados necessários e da precisão que os resultados devem aduzir. Apresenta-se de seguida uma descrição sumária dos diferentes modelos classificados anteriormente.

Os modelos macroscópicos caracterizam-se pela análise integrada das correntes de tráfego, sendo os diversos estados do tráfego determinados através das relações entre as variáveis fundamentais do tráfego: fluxo, densidade e velocidade (Tobar, 2014). Dentro da categoria dos modelos macroscópicos distinguem-se os modelos de simulação e os modelos analíticos. Os primeiros podem ignorar os efeitos de congestão da rede ou procurar um estado de equilíbrio. Neste caso, os tempos de trajeto nos arcos são calculados iterativamente através de curvas fluxo-velocidade. Os segundos são caracterizados pela construção de modelos analíticos que estabelecem relações, entre as variáveis de tráfego, representando a variação das condições ao longo do tempo. Segundo Vasconcelos (2014) as principais vantagens dos modelos analíticos são: *i)* de conduzirem a soluções com propriedades bem compreendidas e definidas, permitindo uma atuação prescritiva; *ii)* de apresentarem um tempo de execução extremamente curto, possibilitando a aplicação em tempo real. Existe um conjunto amplo de *software*, com base no

modelo macroscópico, sendo exemplos deste tipo de análise, os *softwares* AUTOS, TRANSYT (Figura 2) e PASSER (Gomes, 2004).

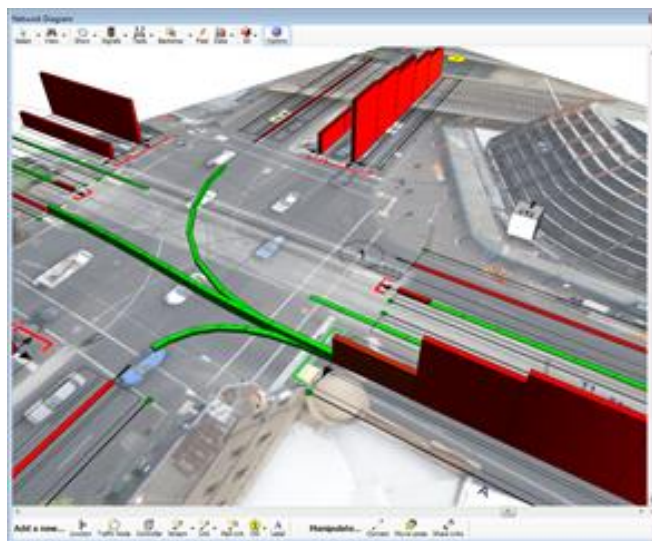


Figura 2 - Modelo TRANSYT 15 (TRL Limited, 2016)

Outro método de análise, integrado nos sistemas de simulação, são os modelos mesoscópicos (Vasconcelos, 2014). Estes modelos, sem descer ao detalhe dos veículos individuais, permitem a simulação de fenômenos de tráfego causados por comportamentos individuais. A análise mesoscópica considera o sistema de tráfego composto por elementos discretos, mas tais elementos não são unitários, isto é, a análise pode considerar grupos de veículos ou veículos de maneira individual, observando as suas características como tamanho, velocidade, destino de viagem (Tobar, 2014). Segundo Vasconcelos (2014) os modelos mais utilizados agregados a este método de análise são o SATURN (Figura 3) (Hall et al., 1980), que utiliza a técnica dos perfis cíclicos de fluxos, e o CONTRAM (Leonard et al., 1978) que recorre à técnica da atribuição dinâmica.

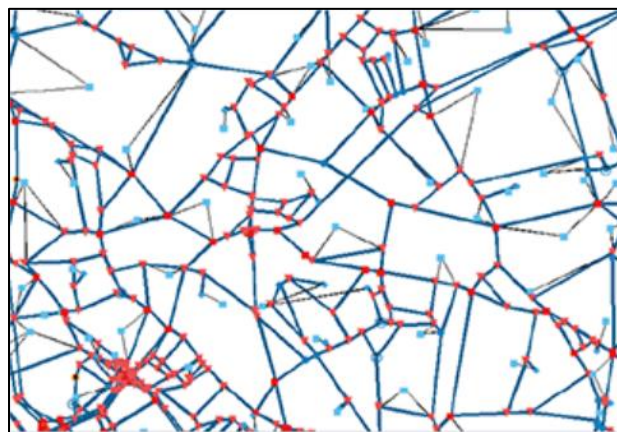


Figura 3 - Modelo SATURN (Atkins Limited, 2016)

Os processos de microssimulação são baseados na modelação das interações entre cada um dos veículos numa rede viária e os veículos que os precedem ou ladeiam, e a infraestrutura viária, apresentando-se de forma geral em sofisticados programas computacionais (Vasconcelos, 2014). Estes modelos estão rapidamente a tornar-se o padrão nas análises de tráfego em todo o mundo, permitindo obter resultados como o nível de serviço, tempo de viagens, atrasos e filas de espera, consumos de combustíveis, emissões de poluentes e um conjunto de indicadores que pelos métodos anteriormente abordados seriam de difícil acesso e cálculo demoroso. Estes modelos permitem estudar, com elevado nível de eficácia, problemas como corredores de circulação, semáforos, rotundas, cruzamentos simples, trevos, faixas de aceleração e de desaceleração, controle de acessos para estacionamento e um conjunto de situações possíveis de existirem na realidade de uma rede viária (Fratat, 2016).

A microssimulação trata cada automóvel, peão, autocarro, etc., da corrente de tráfego individualmente, com os seus objetivos, métodos e propriedades, tendo a possibilidade de interagir com as outras entidades da simulação (Tobar, 2014). Estas interações são modeladas através de algoritmos complexos que descrevem o comportamento dos condutores quando seguem outros veículos (*car-following*), quando mudam de via (*lane-changing*) ou quando entram numa interseção (*gap-acceptance*).

O submodelo de *car-following* é fulcral aos modelos microscópicos e tem como objetivo gerar a resposta de um condutor relativamente ao veículo que segue à sua frente. O modelo *lane-*

changing determina a motivação e possibilidade para um condutor mudar de via, tendo por base o seu objetivo próximo. A mudança pode ser obrigatória caso o condutor necessite de mudar de direção. Será opcional caso a mudança seja justificada pelo desejo de aumentar a velocidade. A oportunidade de mudar é determinada pela relação entre o benefício e o risco associado à manobra. O modelo *gap-acceptance* determina se um veículo não prioritário tem ou não condições para avançar para o interior da interseção, em função da posição e da velocidade dos veículos prioritários, da distância dos veículos não prioritários ao eventual ponto de colisão e da sua capacidade de aceleração (Vasconcelos, 2014). Existe um conjunto de simuladores com as características de análise microscópicas, como os *softwares* Paramics, Vissim e Aimsun (Figura 4) (Gomes, 2004).

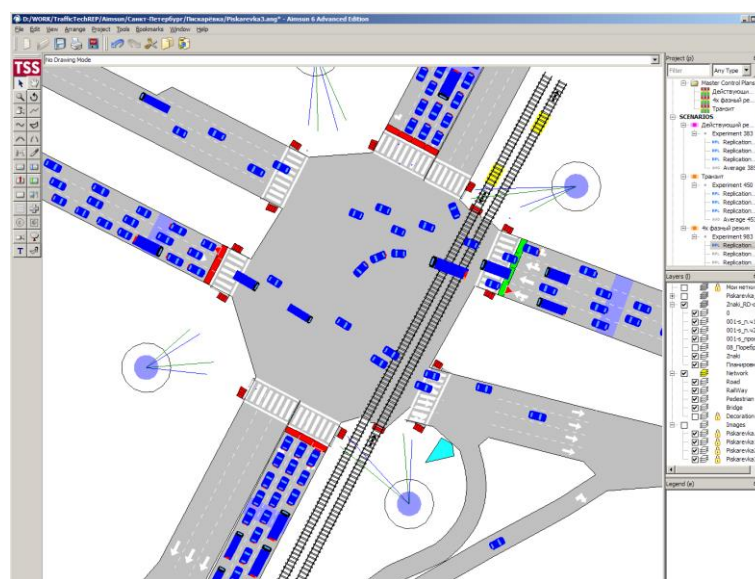


Figura 4 - Modelo Aimsun (TSS, 2016)

2.4 Seleção do modelo de desempenho

O modelo escolhido, além de tornar a modelação rápida e fidedigna teria de ser capaz de analisar não apenas as interseções urbanas, mas a rede viária num todo, ou seja, analisar todo o conjunto de situações existentes, com interseções, interrupções de circulação (incidentes), mudanças de velocidade nos corredores e opções de trajetos. Dos métodos de avaliação apresentados anteriormente, os métodos analíticos são dispensados deste estudo devido à análise incidir apenas sobre as interseções (rotundas e cruzamentos), deixando os conflitos existentes na rede

por analisar. Além desta característica, os métodos analíticos têm como inconveniente de tornar a modelação dinâmica dos veículos extremamente complexa e difícil, o que praticamente limita a aplicação destas técnicas apenas a estradas multivias e/ou autoestradas (Vasconcelos, 2004).

Por outro lado, os métodos computacionais, baseados nos modelos de simulação de tráfego, nomeadamente de microssimulação, têm sofrido um enorme desenvolvimento desde o seu aparecimento. Com efeito, os simuladores incorporam um conjunto de avanços teóricos da engenharia de tráfego e conceitos psicológicos, retratando o comportamento dos condutores interagindo com o veículo e a via. Estes avanços, segundo (Alexiadis et al., 2004) têm três causas evidentes:

- a) Os avanços na tecnologia computacional, tanto em relação a equipamentos (*hardware*) como em ferramentas de computação (*software*);
- b) Avanços na engenharia de tráfego e dos transportes que requerem uma melhor modelação de todos os fenómenos existentes;
- c) A exigência, por parte da sociedade, de análises desenvolvidas em prazos mais curtos e conducentes a avaliações mais detalhadas e precisas dos projetos.

Além de todas as vantagens apresentadas nos métodos computacionais, estes ainda partem em vantagem sobre os modelos analíticos do tipo empírico e probabilístico, pelo facto de permitirem uma representação visual das vias em estudo, oferecendo controlo total sobre todos os parâmetros da corrente de tráfego, rapidez de execução das mesmas alterações e facilidade de obtenção de um conjunto de resultados.

Posteriormente à análise dos métodos disponíveis, e avaliando as vantagens de cada um, para a realização deste estudo optou-se pela utilização do *software* de microssimulação de tráfego Aimsun. Os principais atributos que contribuíram para a escolha deste método são a rapidez e a eficiência da geração dos resultados necessários para a comparação direta de alternativas.

O uso desta potente ferramenta de microssimulação de tráfego possibilita, no decorrer da dissertação, a obtenção de dados que dificilmente poderiam ser obtidos através de análises do tipo antes e depois. Por outro lado, o problema em estudo implica uma avaliação integrada da uma rede viária sendo que os modelos analíticos dispõem de métodos de avaliação apenas para

as interseções, pontos singulares da rede. É ainda de salientar que a microsimulação permite a consideração explícita de diversos incidentes que se observam em redes urbanas, tais como as interrupções periódicas de vias e as paragens ocasionais de veículos em vias, aspetos que os modelos analíticos não tratam.

2.5 Características do modelo Aimsun

O modelo de microsimulação Aimsun (*Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks*), simulador desenvolvido entre 1989 e 1997 pelo Laboratório de Investigação Operacional e Simulação da Universidade Politécnica da Catalunha, Espanha, é um *software* capaz de reproduzir com elevada precisão as condições reais de tráfego de uma rede rodoviária. O Aimsun proporciona ao utilizador uma interface simples que facilita a construção do modelo e a sua aplicação enquanto ferramenta de avaliação (Oliveira, 2016).

O comportamento de cada veículo é continuamente modelado ao longo da simulação segundo os vários modelos comportamentais (*car-following*, *lane-changing*, *gap-acceptance*). Este modelo permite a obtenção detalhada de fluxos de tráfego, velocidades, tempos de viagem e de outros indicadores de desempenho, como emissões ambientais e consumos de combustível (Vasconcelos, 2014). De forma simplificada, podem ser apresentadas as fases principais do desenvolvimento de um modelo de microsimulação enquanto processo iterativo, com os seguintes passos:

- a) Modelação (incluindo recolha e tratamento de dados de entrada);
- b) Verificação e calibração, ajustando os valores de todos os dados obtidos;
- c) Validação (certificação da lógica de implementação do modelo, comparação com os dados observados);
- d) Análise dos resultados obtidos de acordo com a importância.

O processo de criação de um modelo no *software* Aimsun consta de acordo com o fluxograma presente na Figura 5.

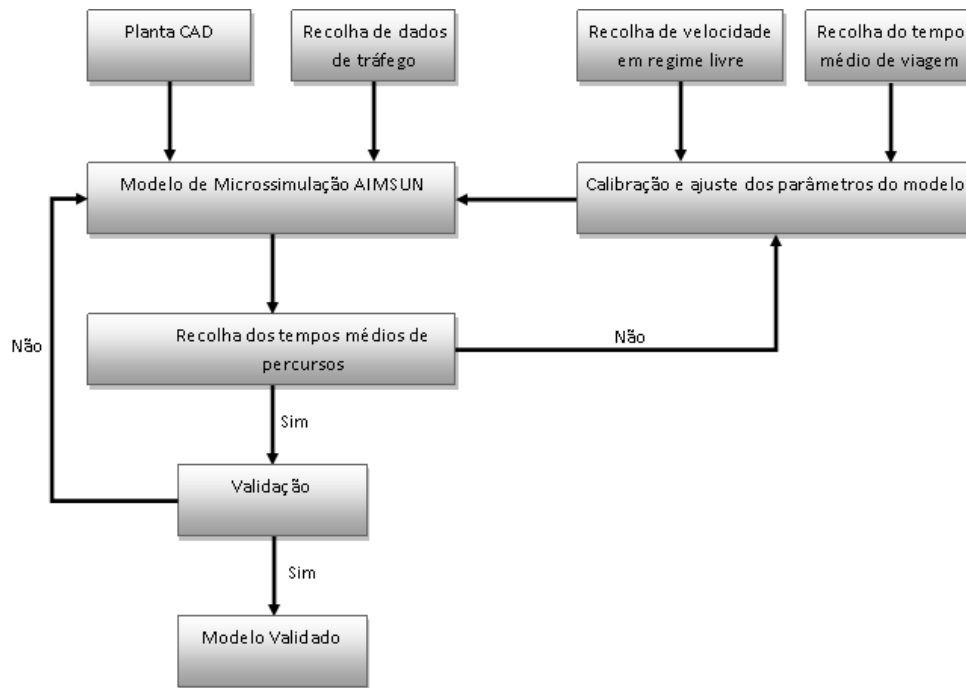


Figura 5 - Fluxograma de construção de modelo Aimsun, adaptado de Bernardo (2015)

3. Desenvolvimento do modelo de referência

3.1 Definição da área de estudo e estrutura da rede

O local onde incidiu o presente estudo foi sugerido pelos técnicos da Câmara Municipal de Tondela (CMT), com quem o investigador teve contacto durante o período de estágio. A área de intervenção com aproximadamente 114 mil metros quadrados, correspondente ao centro histórico da cidade, caracteriza-se por arruamentos estreitos e edificações com cariz envelhecido, revelando desta forma um elevado desafio na sua reformulação, devido à impossibilidade de alteração das características geométricas das vias. Neste sentido, apenas é possível a alteração da rede invertendo o sentido de circulação de trânsito ou a eliminação de um dos sentidos. Esta rede foi remodelada algumas vezes no passado, sempre com o cuidado de preservar a identidade histórica do local, resultando em alterações pouco significativas no que concerne às características geométricas e de circulação. As vias em estudo podem-se agrupar em dois tipos consoante o tipo de pavimentação (asfalto ou calçada), já que tal se reflete na velocidade de circulação.

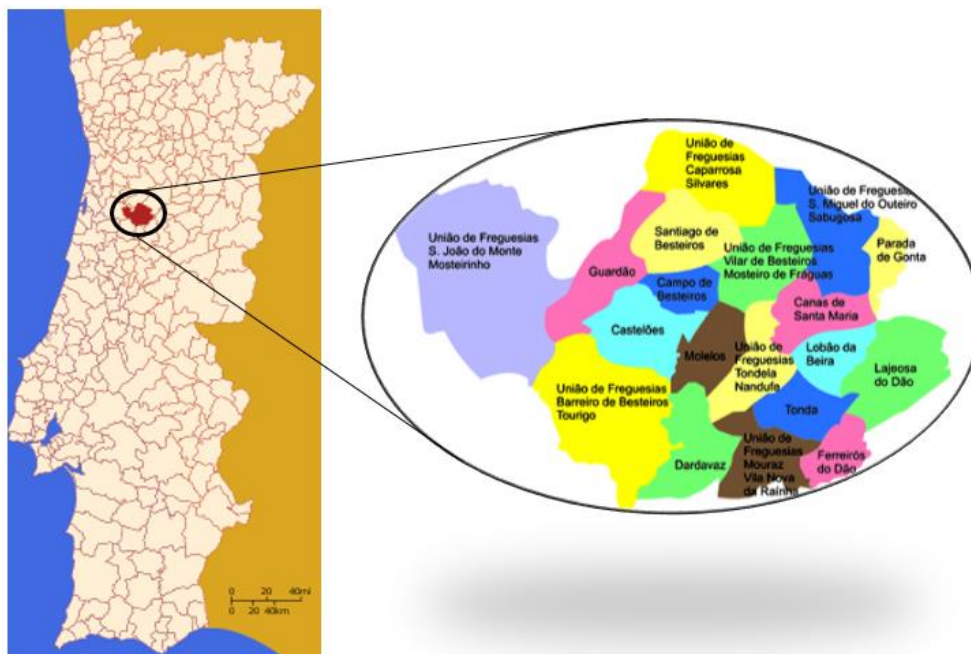


Figura 6 - Localização da cidade de Tondela (Wikipédia, 2016) e sua subdivisão (CMT, 2016)

Sendo o objetivo desta dissertação o estudo das condições atuais e a criação de possíveis alterações na rede, de modo a proporcionar aos utentes um melhor aproveitamento da rede viária da zona histórica da cidade, definiu-se uma área crítica onde se verificam alguns conflitos de tráfego, nomeadamente como incidentes periódicos causados por paragens de veículos à procura de estacionamento e paragens de veículos em sentido oposto devido a reduzida largura da via. A rede viária em estudo (Figura 7), onde em azul se encontra assinalado os arruamentos pavimentados asfálticamente e a vermelho os arruamentos pavimentados com calçada, ficou assim delimitada pelas vias urbanas Rua Marechal Gomes da Costa, Rua Dr. Abel Maria Lacerda, Rua da Nova Fonte, Rua do Casal, ex-N2 (Rua Tomaz Ribeiro) e a Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa (Figura 8).

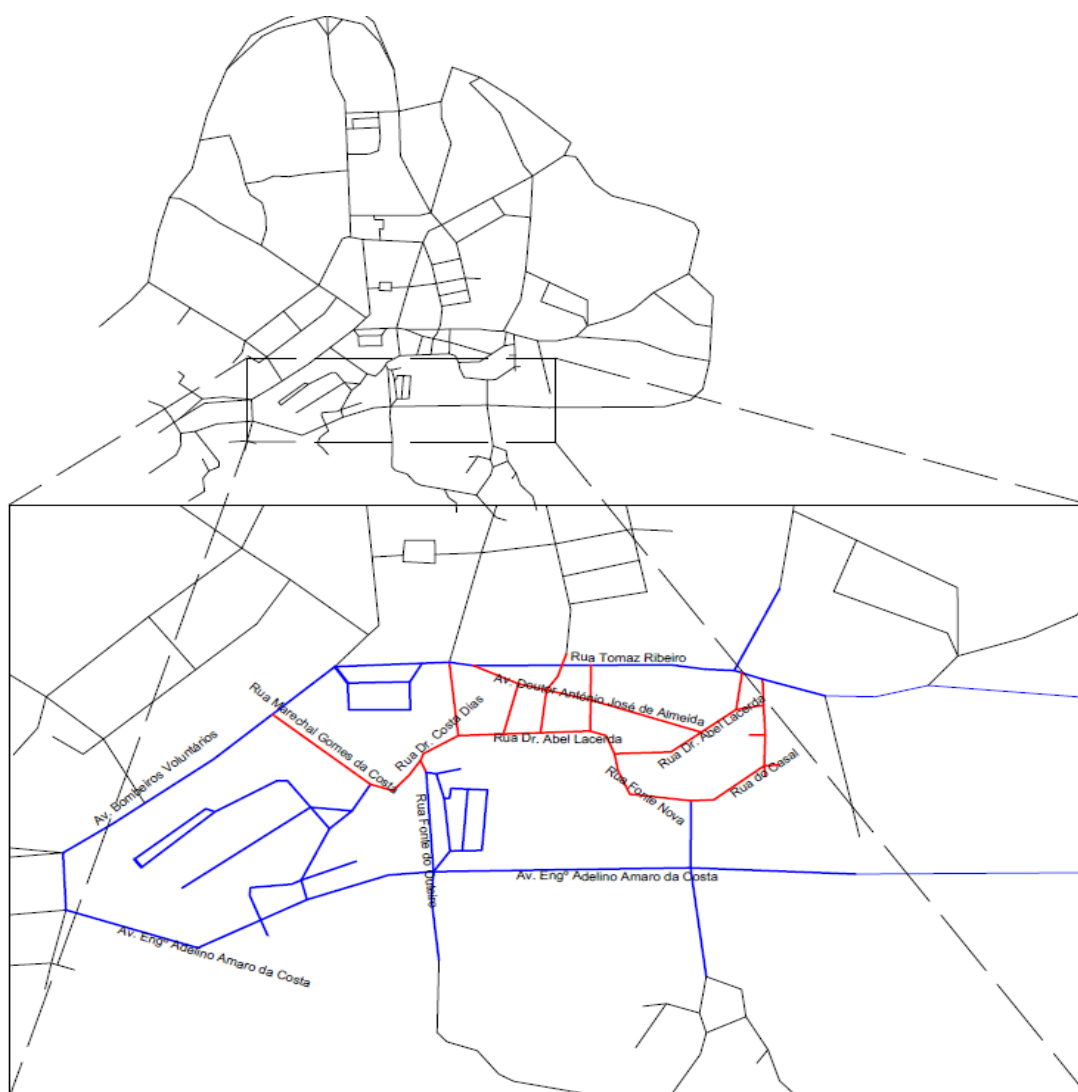


Figura 7 – Rede viária em estudo

A área selecionada apresenta alguns problemas de circulação viária, identificados *a priori* pela CMT, sendo o principal a existência de arruamentos com dois sentidos de circulação cuja largura não permite o cruzamento de dois veículos, problema que se verifica em várias cidades portuguesas com um núcleo central histórico, como Viseu e Coimbra. Foram ainda identificados outros problemas na fase de estudo, nomeadamente a conceção de uma ligação ilegal entre vias independentes, a utilização de uma faixa de rodagem com um dos sentidos apenas direcionado para um parque de estacionamento público e a utilização de uma rotunda para acesso direto desse mesmo parque de estacionamento.



Figura 8 - Delimitação da cidade (Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa à esquerda e Ex-N2 à direita)

3.2 Recolha e tratamento de dados

3.2.1 Introdução

A recolha de dados serve diferentes objetivos no âmbito do modelo de microssimulação Aimsun. Um destes objetivos é a construção da matriz O/D relativa ao período de ponta da manhã em áreas urbanas, espaço de tempo referente ao intervalo das 7:30 - 9:30 horas (Machado, 2004). A matriz O/D é uma informação de base necessária para representar as condições de circulação atuais, o volume de tráfego e a sua repartição pelos diferentes corredores da rede. Os dados obtidos devem também permitir a calibração de alguns parâmetros, como a velocidade de circulação dos veículos isolados ou a velocidade máxima, sendo efetuada uma comparação direta dos dados obtidos na simulação com os dados de campo. A fase de recolha de dados suporta assim a criação do modelo (planta de localização, contagens de tráfego e repartição de movimentos), a calibração (velocidades, contagens de tráfego, incidentes periódicos e movimentos) e a validação (velocidades, tempo de percurso e número total de veículos). Estes dados são obtidos em diferentes pontos da rede, para garantir que o nível de precisão do modelo é espacialmente uniforme.

O processo de recolha de dados resultou da utilização combinada de duas metodologias: *i*) contagens manuais de tráfego e registo de incidentes periódicos; *ii*) perfis de velocidades obtidos de forma contínua utilizando um gravador de dados (*datalogger* na terminologia anglo-saxónica). As contagens de tráfego podem ter três categorias, sendo estas as contagens globais, as direcionais e as classificadas. As contagens globais registam o número de veículos que circulam na via, apenas agrupando-os em classes de veículos independentemente do sentido e normalmente utilizadas para cálculos de volumes diários, preparação de mapas de fluxo e determinação de tendências do tráfego. As contagens direcionais registam o número de veículos por sentido do fluxo e mudanças de direção. Estas contagens são úteis para o cálculo de capacidades, determinação de intervalos de sinais luminosos, estudos de acidentes e previsão de faixas adicionais. As contagens classificadas registam os volumes para as diferentes classes de veículos, idênticas as contagens globais, mas com a diferença de identificar o sentido de cada veículo e são utilizadas normalmente em cálculos de dimensionamento estrutural, projetos geométricos e cálculo de capacidades (Goldner, 2008).

A contagem manual consiste na observação direta acompanhada do registo dos veículos que passam numa determinada secção em intervalos definidos de 15 minutos, podendo em alguns casos aceitarem-se intervalos menores. Este processo de contagem manual apresenta uma maior simplicidade e rapidez de execução relativamente aos restantes, devido a não ser necessário a montagem de nenhum equipamento; no entanto encontra-se limitado pelo número disponível de observadores (Goldner, 2008). Para a existência de uma cobertura em grande escala existe a necessidade de vários observadores, resultando em maiores custos para o investigador, e com a expectativa de cada observador não cometer erros grosseiros nas contagens.

Devido à relativamente reduzida dimensão do estudo, as contagens efetuadas foram de âmbito manual, preferencialmente, as contagens deveriam ter sido efetuadas no mesmo dia para garantir a continuidade de fluxos entre secções. No entanto, face à falta de meios, e considerando a relativa estabilidade de fluxos ao longo dos dias da semana, decidiu-se dividir as sessões por diferentes dias, existindo o cuidado de excluir datas com procuras atípicas, tais como as segundas-feiras, dias em que se realiza a feira semanal e os volumes de tráfego aumentam.

O planeamento dos postos de recolha de dados foi efetuado em duas etapas. A primeira etapa incide sobre os dados essenciais para a criação da matriz O/D, e na segunda etapa recolhem-se os dados necessários para a calibração e validação do modelo. Assim, para a primeira etapa foram definidos sete postos de contagem de tráfego nas extremidades da rede. Com estas contagens é possível determinar o número de veículos que entram e saem da rede, ou seja, os totais das linhas e colunas da matriz O/D. Foram ainda definidos seis postos adicionais com o objetivo de quantificar os veículos que circulam em determinada secção e a sua direção (mudanças de direção dentro da rede). Estes postos de contagem fornecem dados para a quantificação parcial do miolo da matriz O/D e para a fase de calibração. No total, foram definidos 13 postos de contagem (ver ainda a Figura 9) de forma a possibilitar a observação de um maior número de movimentos possíveis, que fornecem dados suficientes para a construção do modelo de microssimulação e a sua futura calibração.



Figura 9 – Postos de contagem de tráfego (postos de extremidade – verde; postos internos – laranja)

Os veículos foram divididos em quatro classes, sendo estas: *i*) ciclomotores e motociclos; *ii*) automóveis ligeiros e ligeiros de mercadorias; *iii*) veículos pesados de mercadorias; *iv*) e veículos pesados de passageiros. Este método de divisão por classes dos veículos é realizado

devido à possibilidade do modelo de microssimulação Aimsun criar múltiplas matrizes O/D, relativa a cada uma das classes de veículos.

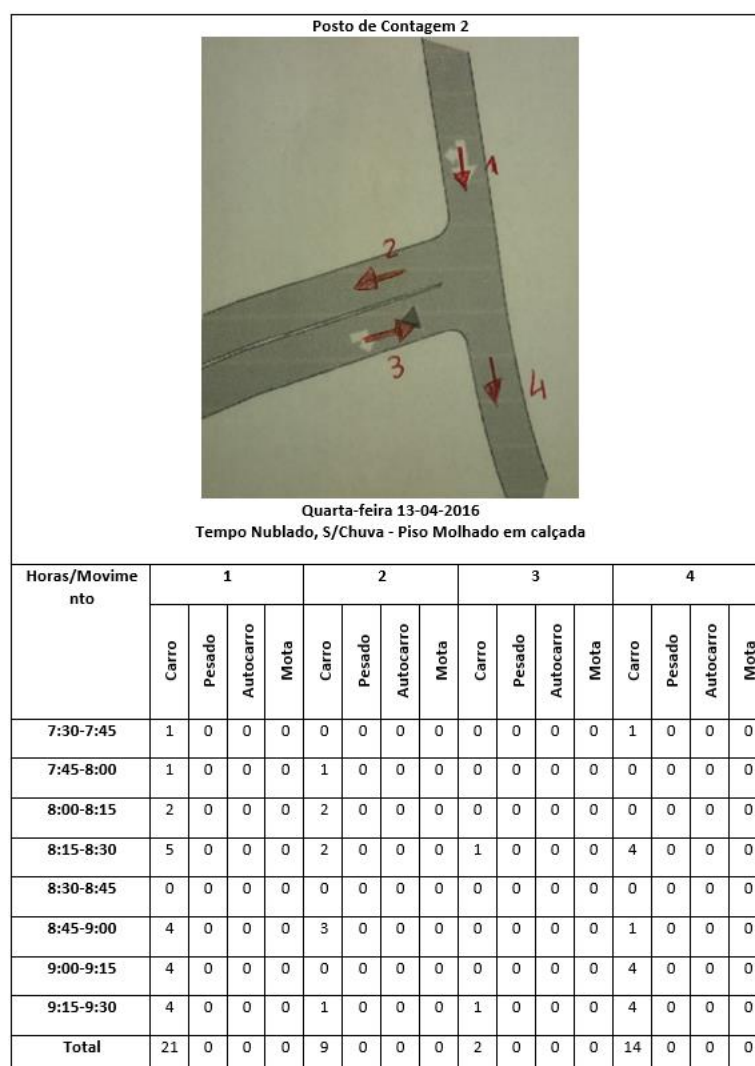


Figura 10 – Exemplo de contagens de tráfego realizadas durante uma sessão típica de recolha de dados

Após a realização das contagens de tráfego verificou-se a existência de uma percentagem elevada de automóveis ligeiros e uma reduzida percentagem das restantes classes de veículos. Desta forma, optou-se por agrupar as contagens em apenas duas classes de veículos: ligeiros e pesados (Tabela 1).

Tabela 1 - Contagens de tráfego gerais (7h30 – 9h30)

Resumo dos postos de contagem											
Movimentos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Posto 1	Ligeiros	473	16	565	9						
	Pesados	12	0	9	0						
TOTAL		485	16	574	9						
Posto 2	Ligeiros	21	9	2							
	Pesados	0	0	0							
TOTAL		21	9	2	0						
Posto 3	Ligeiros	65	39	0	6						
	Pesados	8	0	0	0						
TOTAL		73	39	0	6						
Posto 4	Ligeiros	46	54	44	56	3	3	22	5	1	14
	Pesados	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0
TOTAL		47	56	45	58	3	3	22	5	1	14
Posto 5	Ligeiros	351	412	37	282	333	419	439	62		
	Pesados	10	11	0	5	7	17	16	0		
TOTAL		361	423	37	287	340	436	455	62		
Posto 6	Ligeiros	28	1	0	1	6					
	Pesados	0	0	0	0	0					
TOTAL		28	1	0	1	6					
Posto 7	Ligeiros	12	22	19	1	7	10	13			
	Pesados	0	0	0	0	0	0	0			
TOTAL		12	22	19	1	7	10	13			
Posto 8	Ligeiros	1	9	6	2	1	7				
	Pesados	0	0	0	0	0	0				
TOTAL		1	9	6	2	1	7				
Posto 9	Ligeiros	50	60	76	75	25	5	35	27		
	Pesados	0	1	0	1	0	0	0	0		
TOTAL		50	61	76	76	25	5	35	27		
Posto 10	Ligeiros	144	55	345	33	35	10				
	Pesados	3	2	8	0	0	0				
TOTAL		147	57	353	33	35	10				
Posto 11	Ligeiros	7	0	7	5	6	5				
	Pesados	0	0	0	0	0	0				
TOTAL		7	0	7	5	6	5				
Posto 12	Ligeiros	253	84	418	381	200	5				
	Pesados	0	0	13	9	0	0				
TOTAL		253	84	431	390	200	5				
Posto 13	Ligeiros	48	62	12							
	Pesados	0	0	0							
TOTAL		48	62	12							

De acordo com os resultados das contagens que se encontram presentes no quadro anterior, foram observados na totalidade 6402 veículos ligeiros e 138 veículos pesados. A percentagem de veículos pesados relativamente aos ligeiros é de apenas 2%. Tendo em conta estes resultados e o facto de os veículos pesados não circularem efetivamente no interior da área de intervenção, circulando apenas nas vias periféricas, ex-N2 (Rua Tomaz Ribeiro) e Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa, onde os conflitos não verificam com grande frequência, optou-se deste modo pela uniformização das várias classes de veículos numa classe única (veículos ligeiros) para efeitos de construção da matriz O/D. Os valores observados constam com a entrada de 1622 veículos na rede no período 7h30 – 9h30.

3.2.2 Incidentes periódicos

O congestionamento de tráfego em áreas urbanas advém, além do número elevado de interseções e de volumes de tráfego elevados, de demoras pontuais nas vias. Estas demoras podem ter várias causas, tais como as travessias pedonais, as paragens desnecessárias dos veículos e estacionamento em locais proibidos, as manobras de estacionamento e as passagens de veículos em sentido oposto em arruamentos de largura reduzida. A proposta de alteração terá como uma das funções a organização dos sentidos de circulação, com o objetivo de melhorar a legibilidade da rede e a fluidez do trânsito.

As demoras na zona central da rede devem-se essencialmente a dois tipos de ocorrências: *i*) passagem de veículos em sentido oposto em arruamentos de largura reduzida (aproximadamente 2,85 metros); *ii*) procura e estacionamento ilegal em zonas de circulação contínua de veículos, ou seja, estacionamento longitudinal na via de circulação. Estas ocorrências são muito frequentes e provocam a espera de dois a três veículos a montante do incidente, como ilustrado no arruamento Avenida Dr. António José de Almeida (Figura 11), localizado precisamente no centro da rede em estudo.



Figura 11 – Incidente periódico na Avenida Dr. António José de Almeida

Com o objetivo de modelar estes conflitos no *software* de microsimulação Aimsun, tornou-se necessário realizar uma série de observações, contabilizando a duração e frequência em que a circulação é efetivamente interrompida. Estas observações, ao contrário das contagens manuais de tráfego, não seguiram uma observação seguida com dias definidos, isto é, foram observadas de acordo com a sua ocorrência, tendo existido dias em que o investigador observou dois ou mais incidentes e dias em que não se observou qualquer incidente. As observações correspondentes à duração e frequência dos incidentes observados encontram-se respetivamente representadas na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 - Duração dos incidentes periódicos

Incidentes periódicos - Tempo de Incidente (s)											
Amostragens de incidentes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Paragem de Autocarro		65	75	110	115	90	75	85	80	95	90
Passagem de veículos em via estreita		50	35	15	20	25					
Estacionament o Longitudinal	Normal	50	40	30	55	45					
	Pç. do Comércio	60	75	70	70	60	60	40	30		

Tabela 3 – Frequência dos incidentes periódicos

Incidentes periódicos – Intervalo médio entre incidentes (minutos)										
Amostragens de incidentes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Paragem de Autocarro	25	20	15	20	5	30	25	30	25	20
Passagem de veículos em via estreita	20	12	16	5	18					
Estacionamento Normal	20	15	13	8	5	6	5			
Longitudinal Pç. do Comércio	20	5	7	6	10	5	6	15		

3.2.3 Velocidades e tempos de trajeto

Como referido anteriormente, o método utilizado para a obtenção dos dados de velocidade e tempos de percurso assenta num equipamento de GPS portátil que permite recolher um número elevado de informação do percurso realizado, como velocidades, tempos de circulação, aceleração longitudinal e transversal, etc. de forma contínua, a partir dos quais se podem obter outras grandezas, como velocidades médias e tempos de percurso. O processo de obtenção de dados foi realizado com auxílio de um condutor exterior ao estudo, para minimizar a influência do investigador nos dados.

O veículo utilizado de suporte à recolha de dados foi um Peugeot 208 1.2 VTi Access. O equipamento usado e instalado no veículo de forma temporária durante as sessões de campo é um gravador de dados (*datalogger* na terminologia anglo-saxónica) da empresa *Race Technology Ltd* (modelo DL1 MK3) (Figura 12).



Figura 12 – Veículo equipado com o *datalogger* da *Race Technology Ltd* (Modelo DL1 MK3)

A recolha de dados foi efetuada durante o período da manhã num dia com um volume de tráfego reduzido ou quase nulo, garantindo-se desta forma o regime de circulação livre. Os dados obtidos nesta fase têm como função a calibração do modelo de microssimulação que será apresentado nas secções seguintes. Desta forma, foram analisados 13 percursos diferentes em ambos os sentidos de trânsito, sempre que as condições no local o permitiram, num total de 65 voltas (cinco passagens por trajeto). Com recurso ao *software* específico fornecido com o gravador de dados (RT Analysis v8.5) é possível apresentar o traçado do percurso com a análise dos parâmetros descritos anteriormente. É também possível exportar a totalidade dos dados para uma posterior análise através de folhas de cálculo, para efeitos de calibração e validação do modelo.

Os dados obtidos, após a análise dos percursos, resultam em valores médios de velocidade e tempo de percurso, onde se procura comprovar a relação de velocidades entre a pavimentação com misturas betuminosas (velocidade superior) e pavimentação em calçada (velocidade inferior). Os principais dados sobre cada um dos percursos são analisados através da média das cinco passagens, para minimização dos erros de apenas uma passagem. Através da Figura 13 podemos observar todos os percursos efetuados e na Figura 14 até a Figura 18 é possível observar os gráficos da velocidade obtida nos percursos.



Figura 13 – Percursos utilizados no processo de obtenção de dados

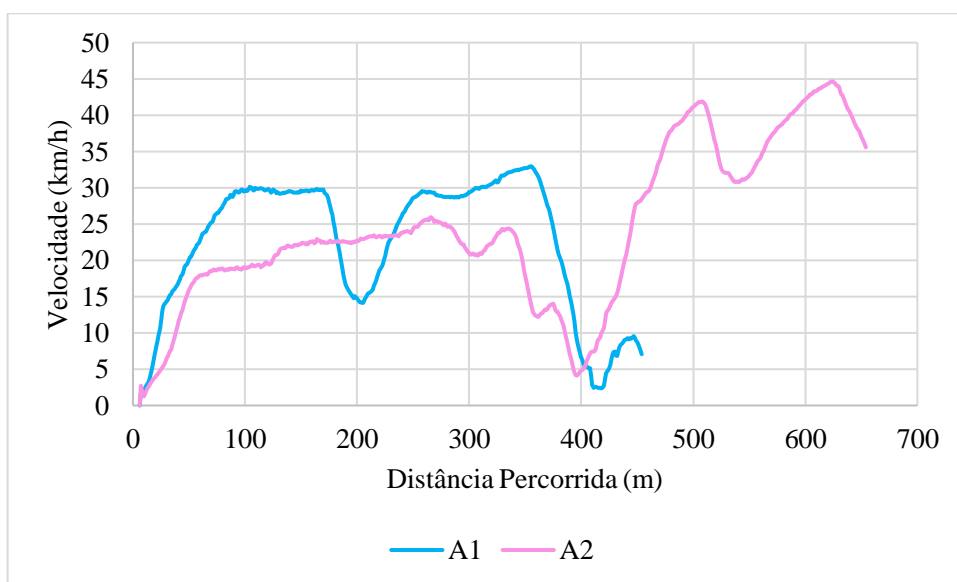


Figura 14 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso A1 e A2)

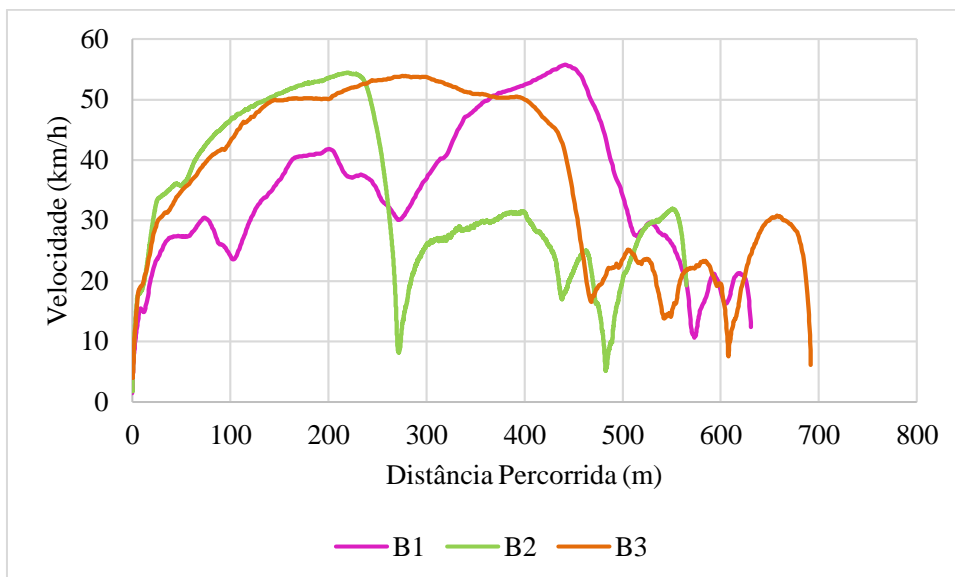


Figura 15 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso B1, B2 e B3)

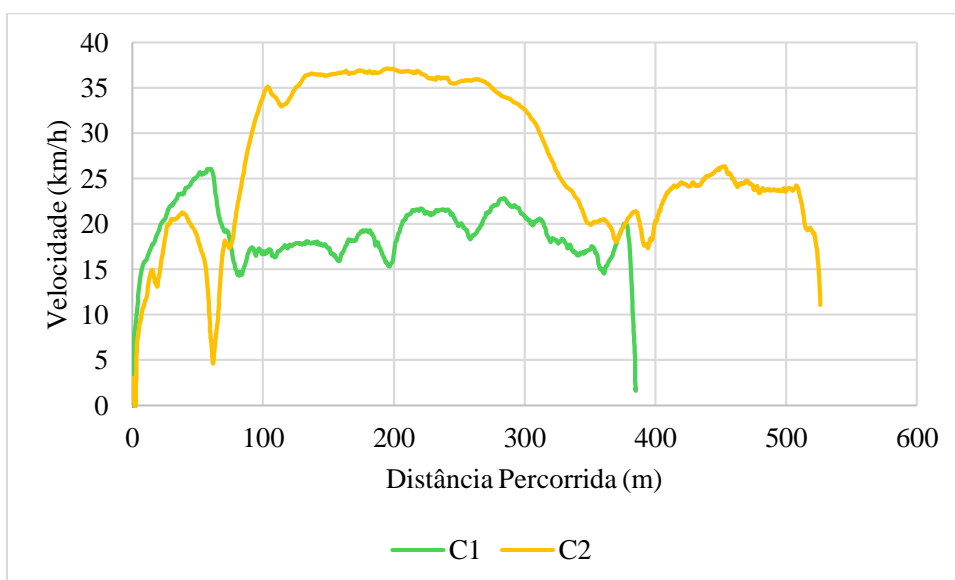


Figura 16 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso C1 e C2)

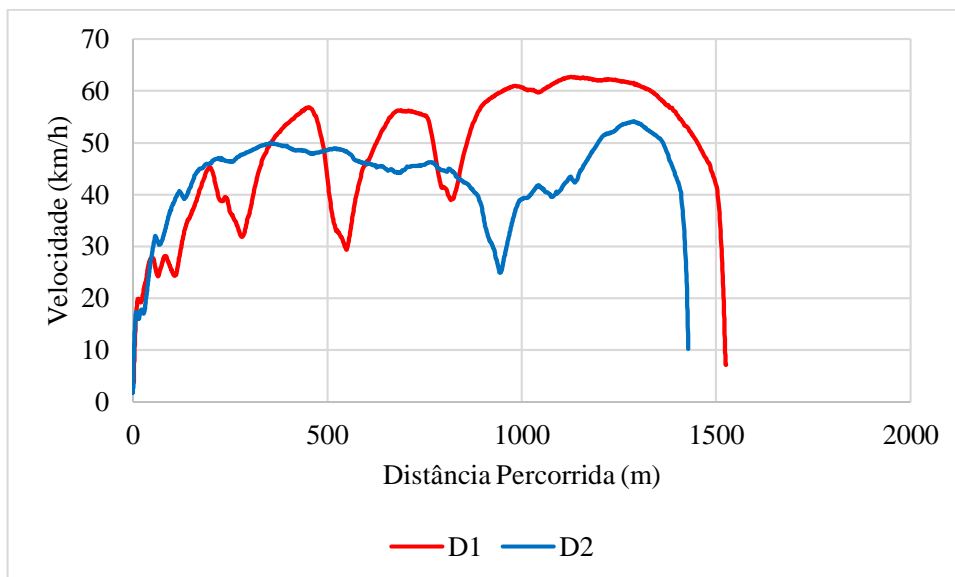


Figura 17 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso D1 e D2)

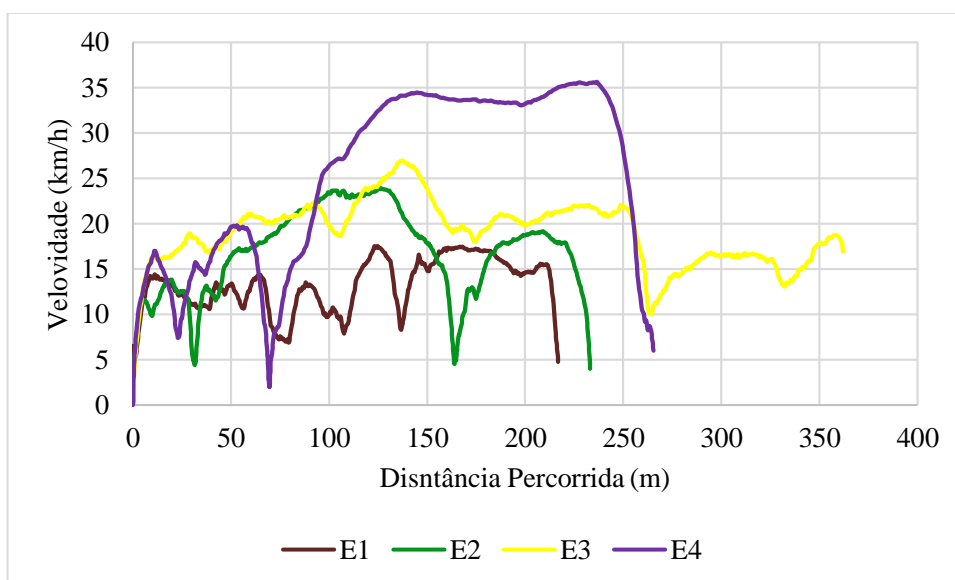


Figura 18 - Distância percorrida vs. Velocidade (Percurso E1, E2, E3 e E4)

Os gráficos distância percorrida vs. velocidade ilustram resultados importantes para o estudo. Os pontos de descontinuidade de gráficos (pontos com concavidade, ou seja, pontos de mínimos) apresentam locais onde a velocidade tem que ser bruscamente reduzida. Outra das

conclusões retiradas é a correspondência de velocidades reduzidas em pavimentação em calçada e velocidades superiores em vias com pavimentação em asfalto. Através dos grafismos, obtidos diretamente do *software* de análise via uma imagem georreferenciada com escala de cores (Figura 19), podemos analisar os dados referidos e apresentados nos diagramas anteriores. Neste perfil de velocidades (Figura 19) é possível analisar a diferença de vias em bom estado ou pavimentadas asfálticamente (A2) de vias em calçada ou danificadas (A1), onde as velocidades são menores (cores frias) nessa parte do percurso, isto é, observando a escala de cores repara-se que velocidades superiores (cores quentes) são atingidas em pavimentação betuminosa (como se verifica observando nos gráficos anteriores), onde a velocidade neste tipo de vias é claramente superior do que nas restantes.



Figura 19 – Exemplo dos dados recolhidos de velocidade dos percursos A1 e A2

3.2.4 Tratamento de dados

Concluída a recolha de dados de campo (contagens de tráfego, velocidades, tempos de trajeto e incidentes) foi necessário proceder ao seu tratamento, para uso no modelo Aimsun. As contagens de tráfego da periferia da zona de estudo (Tabela 1) permitiram a identificação dos fluxos de tráfego a inserir na rede, a que correspondem os totais das linhas e colunas da matriz

O/D. As contagens internas e experiência do investigador (conhecimento dos movimentos dos condutores, devido a ser um utilizador frequente destes arruamentos) foram usadas para quantificar o núcleo da matriz e a repartição do volume de tráfego.

Os dados referentes à captação de velocidades, tempos de percurso e incidentes periódicos foram utilizados no processo de calibração e validação. Os valores de tempos de percurso e velocidade encontram-se resumidamente apresentados na Tabela 4, após a realização da média das cinco passagens em cada percurso. Para a análise dos dados recolhidos pelo método mecânico, os dados foram processados e analisados pelo *software* “*Race Technology Analysis v8.5*”.

Tabela 4 - Tempo de percurso e velocidade

Características	Tempo de Percurso (s)	Velocidade (km/h)
A1	43,90	34,20
A2	63,32	29,25
B1	62,54	37,31
B2	76,49	31,25
B3	81,70	34,07
C1	76,62	24,43
Percurso C2	79,48	31,71
D1	122,60	49,28
D2	118,08	49,64
E1	52,40	22,63
E2	53,80	19,92
E3	67,04	23,57
E4	50,50	21,29

3.3 Modelação da rede

3.3.1 Introdução

Esta secção define o processo de construção do modelo de microsimulação do centro histórico de Tondela, utilizando o *software* Aimsun. Tratando-se de um exercício académico, foi necessário introduzir um conjunto de simplificações no modelo, em termos de infraestrutura, procura de tráfego e comportamento dos condutores. Assim, para vários parâmetros, foram adotados os valores pré-definidos pelo *software*, como por exemplo os que estão relacionados com os consumos de combustível e com as emissões de poluentes. Não é assim possível garantir um elevado nível de precisão das estimativas em termos absolutos, mas, no entanto, o principal objetivo desta investigação é a comparação da modelação existente com uma alteração de rede, e assim sendo quaisquer resultados de cada hipótese tem como ponto inicial os mesmos valores, apenas os distinguindo as alterações provocadas nos sentidos de tráfego.

3.3.2 Construção da rede

A criação do modelo físico da rede é possível de duas formas: *i*) criação de uma rede nova, seguindo um esboço, isto é, a criação de um projeto novo onde o desenho da rede é livre; *ii*) importação de uma base cartográfica (*Maps, GIS, Autocad*).

Neste caso, a opção mais rigorosa, a importação de base cartográfica (Figura 20), foi possível já que os técnicos da Câmara Municipal de Tondela disponibilizaram a planta CAD, o que permitiu desenhar as vias e as interseções no Aimsun com bastante precisão.

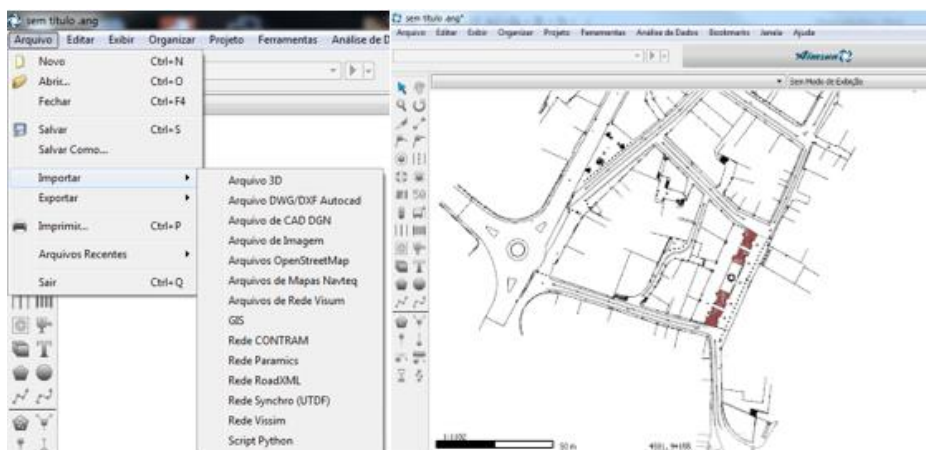


Figura 20 - Importação de base cartográfica

Após a importação da base cartográfica, o modelo está pronto para a criação da rede com ferramentas de desenho específico. Este processo de criação começa pela delimitação das secções, utilizando como referência os arruamentos existentes na base importada, sobre a qual se vai modelar a totalidade da rede viária. Para se obter uma representação precisa da realidade, o Aimsun possui ferramentas específicas que permitem representar rotundas, cruzamentos e curvaturas nos arruamentos (Figura 21). Especificamente, a ferramenta de desenho de secções (arruamentos) permite definir a curvatura e as zonas de alargamento e estreitamento.

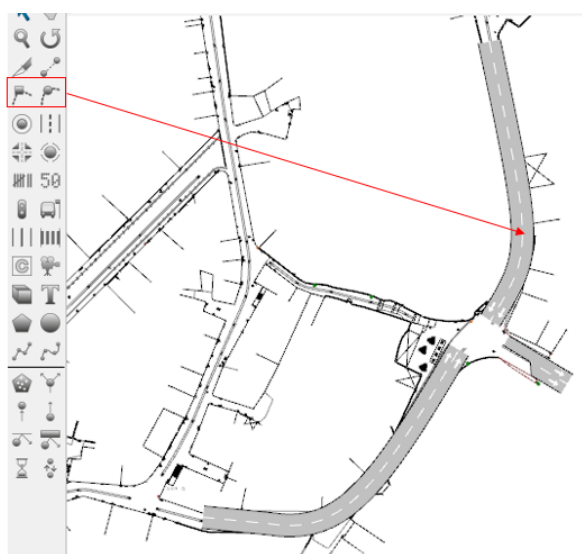


Figura 21 - Criação de curvaturas nos arruamentos

A criação de interseções prioritárias e rotundas (Figura 22) é efetuada através da ferramenta de criação de nós, que referenciam todos os movimentos disponíveis em uma determinada secção. Estes movimentos podem respeitar as três regras básicas de circulação, nomeadamente a prioridade à direita, a cedência de passagem ou a paragem obrigatória. A criação de secções e nós apenas está completa assim que forem definidos os parâmetros de circulação (velocidade, capacidade, largura de faixa, tipo de via, número de faixas). Estes parâmetros afetam as condições de circulação e podem ser adaptadas nas fases de construção, calibração e validação do modelo, para obtenção de valores idênticos aos reais.

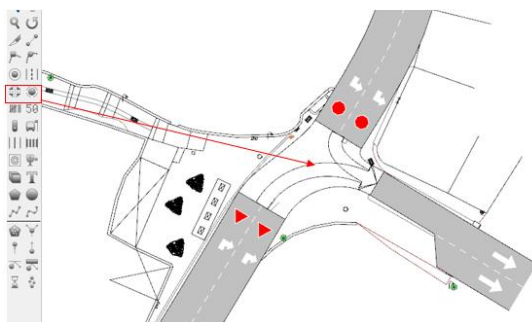


Figura 22 – Criação de nós

Concluída a fase de construção da rede viária, é necessário definir a origem e destino dos veículos, ou seja, os pontos em que os veículos são inseridos na rede e os pontos onde estes, pelos vários percursos disponíveis, vão sair. Este passo define-se pela criação de centróides (Figura 23). Os centróides, por norma situam-se nas extremidades da rede, pontos de geração ou atração de tráfego, mas podem ser criados num ponto de interesse, como por exemplo um parque de estacionamento, no meio da rede, onde é gerado um volume de tráfego (entrada/saída) devido aos locais de parqueamento dos veículos.

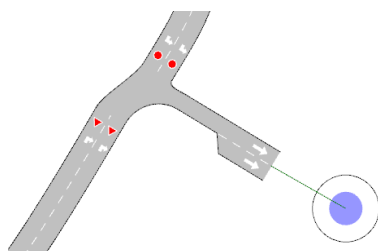


Figura 23 - Representação de centróide na rede

Sendo criado um conjunto de centróides, para entradas e saídas de tráfego, existe a necessidade de determinar o volume existente na rede. Este processo pode ser definido de duas maneiras completamente diferenciadas uma da outra, com consequências diferentes nos resultados. A primeira das opções é a criação de rotas definidas, indicando a percentagem de veículos que em cada intersecção faz um determinado movimento. Esta é a forma mais simples para representar uma situação existente, tendo como principal o inconveniente o facto de o modelo não ter qualquer capacidade explicativa de termos de reafecção de tráfego.

A segunda hipótese existente é a criação de uma matriz O/D (Figura 24) que indica o volume de tráfego existente e a sua repartição de movimentos, indicando apenas a origem e destino, ou seja, os volumes de tráfego nas diferentes secções e movimentos direccionais são um resultado do modelo.

Uma vez que no presente estudo as intervenções afetam a escolha de trajetos, optou-se pela segunda forma de modelação da procura, baseada numa matriz O/D.

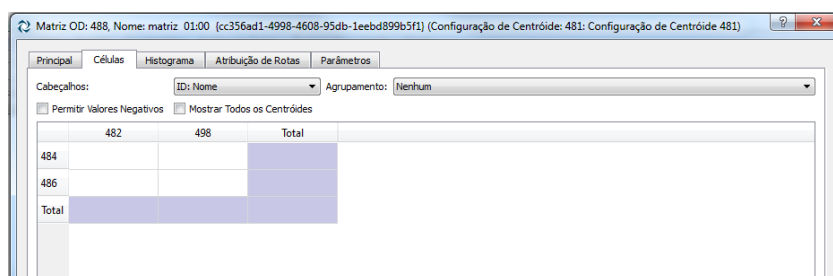


Figura 24 - Volume de tráfego através matriz O/D

3.3.3 Matriz O/D

A determinação da matriz pode seguir vários métodos matemáticos onde se destaca o modelo gravitacional restringido, o modelo de analogia do fluido e o modelo da programação linear. O modelo gravitacional restringido é bastante utilizado no processo sequencial de previsão de procura e tem como finalidade estimar o número de viagens entre duas zonas de tráfego. Assim a probabilidade de um veículo iniciar a circulação num ponto e sair noutra da rede, diminui à medida que aumenta a distância (Ferreira, 1993), de acordo com a seguinte equação:

$$V_{ij} = A_i B_j O_i D_j C_{ij}^{a_k} \quad (1)$$

onde:

V_{ij} – número de viagens entre os pontos i e j ;

A_i – constante de origem;

B_j – constante de destino;

O_i – número de viagens geradas em i ;

D_j – número de viagens atraídas por j ;

C_{ij} – função custo (tempo ou distância de viagem);

a_k – constante a ser adotada para k -ésimo grupo de origens.

O modelo é restringido devido a dois fatores a que o volume de viagens tem que obedecer. O primeiro é o volume de viagens originadas em uma zona deve ser igual ao total de viagens distribuídas a partir da mesma e a segunda é o total de viagens que se dirigem a um ponto deve ser igual a total de viagens atraídas por ele (Ferreira, 1993).

Outro dos métodos utilizados na construção da matriz O/D tem como base inquéritos aos utentes que circulam nas vias. Neste caso são realizados inquéritos aos condutores, num conjunto de secções, onde entre outras questões, se pergunta quais são os pontos de origem e destino das deslocações (Figura 25).



Figura 25 - Posto de inquéritos O/D (Silva, et al., 2013)

Estas respostas são combinadas com contagens de tráfego e permitem quantificar diretamente um conjunto, ou mesmo a totalidade, de células da matriz. Uma vez que estes inquéritos obrigam à interrupção do tráfego e envolvem muitos meios, incluindo a participação de forças policiais e a cooperação dos utentes, são utilizados apenas em estudos especiais.

Considerando o número relativamente baixo de pares O/D, neste estudo seguiu-se um processo manual iterativo. O método consistiu na construção do núcleo da matriz por aproximações manuais tendo por objetivo a minimização das diferenças entre os fluxos simulados e observados num conjunto de secções. A matriz O/D resultante deste processo iterativo é observável na Figura 26.

	Adega	CMT	Centro 2	Centro Cidade	Feira	Hospital	Hotel	N230	Sernadas	Tonda	Total
Adega		9	3	3	27	66	72	204	5	1	390
CMT	3		1	4	2	1	18	3	1		33
Centro 2	3	1		4	2	2	9	3	1		25
Centro Cidade	8	2	18		3	5	21	32	2		91
Feira	4	5	1	3		6	7	15	2		43
Hotel	72	17	23	24	30	156		171	6	1	500
N230	122	15	3	17	36	126	192		2	1	514
Sernadas	3	2	1	3	2	7	3	3			24
Tonda						1		1			2
Total	215	51	50	58	102	370	322	432	19	3	1622

Figura 26 - Matriz O/D resultante (dia útil da semana, 7h30 – 9h30)

3.4 Calibração

Terminado o processo de construção do modelo, é importante avaliar a sua capacidade de representação eficaz e fidedigna da realidade existente e proceder aos ajustamentos necessários para melhorar essa representação. Mediante um conjunto de ajustes, em parâmetros relacionados com as características dos condutores, dos veículos e das vias de comunicação, é possível aproximar os resultados da simulação aos dados reais. Estando o modelo calibrado, é possível validá-lo para uma dada aplicação, sendo que o rigor da calibração e validação deve ser definido pelo investigador de acordo com os objetivos do estudo (Bernardo, 2015).

Para este caso em concreto, e considerando os objetivos da modelação, optou-se por focar a calibração num conjunto relativamente limitado de parâmetros e opções de modelação: a velocidade máxima dos veículos quando estes circulam em condições livres, o parâmetro de escala do modelo Logit, que determina a dispersão dos condutores pelos diferentes trajetos alternativos, a localização de centróides no interior da rede, e a criação de incidentes periódicos, para emular os diferentes tipos de perturbações nas correntes de tráfego.

3.4.1 Velocidade livre

O primeiro parâmetro a ser calibrado foi a velocidade praticada pelos condutores em condições livres, isto é, as velocidades adotadas quando não se encontram condicionados por outros veículos. O modelo de *car-following* de (Gipps, 1981) utilizado pelo Aimsun considera que, na inexistência de restrições, a velocidade dos veículos se aproxima assintoticamente da designada “velocidade desejada” (Vasconcelos et al., 2014).

Numa primeira aproximação, para a determinação da velocidade desejada consideram-se apenas as características dos condutores e dos veículos, resultando em velocidades tipicamente entre 120 e 160 km/h. No entanto, sempre que existem limites legais de velocidade, considera-se o valor mínimo resultante da combinação dos dois critérios, sendo ainda necessário levar em conta um parâmetro que indica o nível de desrespeito pela velocidade legal. Por exemplo, se uma unidade condutor/veículo tiver uma velocidade máxima de 160 km/h, o seu nível de aceitação da velocidade for 1,10, e circular numa via urbana com limite legal de velocidade igual a 50 km/h, a velocidade tenderá assintoticamente para mínimo $(160; 50 \times 1,1) = 55$ km/h.

O modelo foi inicialmente criado considerando para todas as vias a velocidade regulamentada no atual Código da Estrada e aceitável nas vias urbanas de 50 km/h. Neste processo, constatou-se que as velocidades praticadas pelos condutores em condições livres dependem significativamente em função do tipo de pavimento existente, sendo assim, considerando as velocidades registadas com o *datalogger*, utilizadas duas classes de vias (Figura 27): *i*) pavimentada asfálticamente; *ii*) pavimentada com calçada em cubos de granito, a que correspondem velocidades de circulação de 50 km/h e 35 km/h, respetivamente.

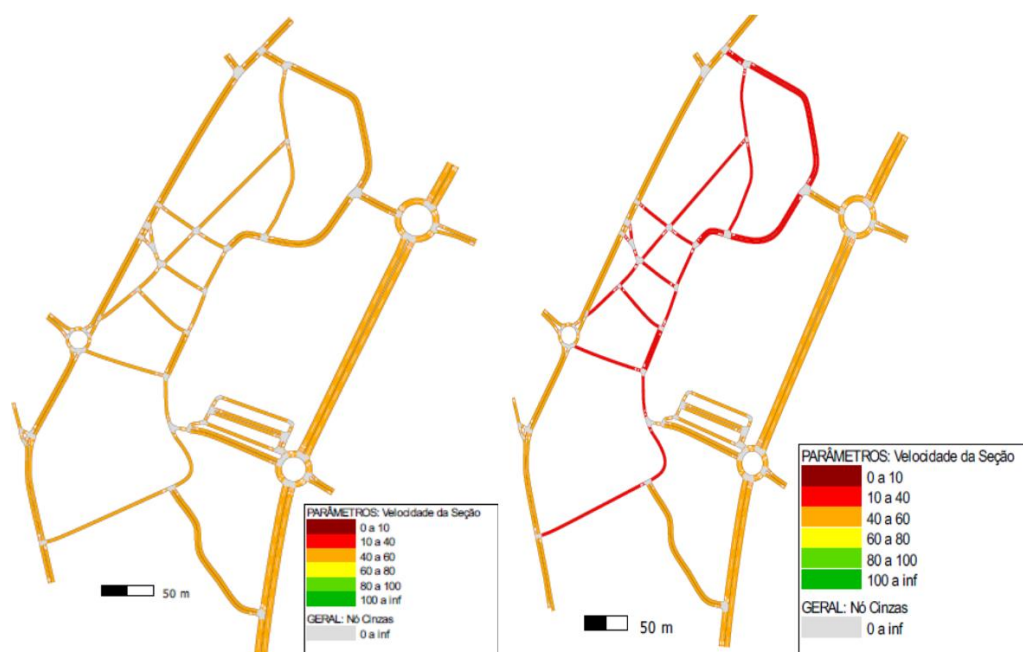


Figura 27 - Limites de velocidade (modelo original à esquerda e modelo alterado à direita)

3.4.2 Escolha de trajetos

Por predefinição, os veículos simulados escolhem sempre o percurso mais rápido, normalmente escolhendo o ponto de entrada e saída mais próximo. No mundo real, a escolha de trajetos em meio urbano é mais complexa e leva em conta inúmeros fatores, tais como a familiaridade com os percursos alternativos, a extensão dos trajetos, o número de paragens, a sinuosidade, a inclinação, os aspetos cénicos e o estado do pavimento.

É possível calibrar o modelo de modo a refletir parcialmente a dispersão de preferências dos condutores. Para o efeito é necessário ativar uma opção do modelo para indicar que a probabilidade de um dado trajeto ser selecionado é dada por uma função do tipo Logit. A expressão do modelo, apresentada seguidamente, indica que a probabilidade de um trajeto k ser selecionado depende do tempo de trajeto v e é influenciada pelo parâmetro θ , como visível na expressão seguinte:

$$P_k = \frac{e^{v_k \theta}}{\sum_{l \in k_i} e^{v_l \theta}} \quad (2)$$

onde:

- P_k – Probabilidade da alternativa k ser selecionada;
- k_i – conjunto de trajetos alternativos disponíveis;
- v – tempo de trajeto associado a cada um dos percursos alternativos;
- θ – parâmetro de calibração.

Num modelo exemplo (modelo simples com apenas duas vias) (Figura 28), foi realizada a experiência da adoção de paramento de Logit para entender o seu funcionamento. No primeiro adotou-se o valor predefinido (valor igual a 1), constatando-se que a grande maioria dos condutores simulados escolhem o percurso mais rápido. De acordo com as propriedades da função exponencial, a probabilidade de o condutor escolher um percurso lento aumenta na razão inversa do valor de θ . Ajustando o valor de $\theta = 0,1$ conduz, neste pequeno modelo, a uma dispersão considerável de viagens pelos dois trajetos alternativos. Em síntese, um valor de θ muito alto representa uma população de condutores com elevado conhecimento da rede e que apenas leva em conta o tempo de deslocação na seleção do percurso; por outro lado, um valor de θ muito baixo representa uma tipologia de condutores com conhecimento imperfeito da rede e que considera diversos fatores na escolha do trajeto.

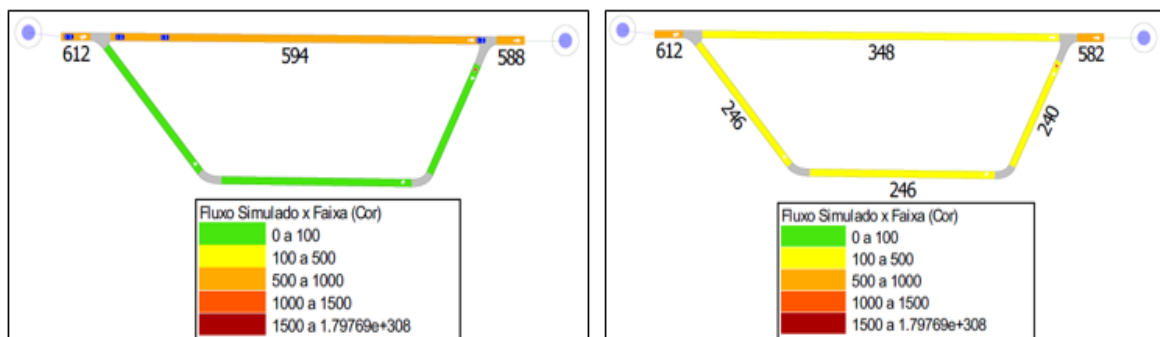


Figura 28 - Modelo representativo com utilização do fator θ (valor padrão a esquerda e valor 0,1 a direita)

Para a calibração do modelo Logit usou-se um método iterativo, alternando os valores do parâmetro θ desde o valor 10 até ao valor 0,01, decrescendo o valor com intervalos progressivamente menores (10, 5, 2, 1, ..., 0,02, 0,01). No final de todas as iterações, adotou-se $\theta = 0,1$, sendo o valor que melhor aproxima os fluxos simulados às observações.

3.4.3 Centróides internos na rede

Realizada a calibração do parâmetro Logit, foi possível observar que no interior da rede havia discrepâncias significativas entre os volumes de tráfego observados e simulados. Como referido, é possível criar centróides no centro da rede de modo a simular espaços de atração/geração de tráfego, sendo o caso de pontos singulares existentes na rede de Tondela, nomeadamente parques de estacionamento e zonas de estacionamento longitudinal. Foram assim criados três novos centróides (Figura 29) que permitem recriar os volumes de tráfego observados no centro da rede.



Figura 29 - Localização dos centróides internos

3.4.4 Incidentes periódicos

Finalizada a calibração do modelo, foram ativados os incidentes periódicos, os quais permitem recriar os seguintes tipos de perturbações nas correntes de tráfego: *i*) paragens de autocarros; *ii*) procura de estacionamento longitudinal; *iii*) passagem de veículos em sentidos opostos em arruamentos de largura reduzida. Em consonância com as observações (secção 3.2.3), adotou-se para cada tipo de incidente os valores de duração média e frequência indicados na Tabela 5.

Tabela 5 – Tempos médios dos incidentes e suas respectivas repetições

Tipo de Incidente		Duração do Incidente	Repetição do incidente
Paragem de Autocarro		90 segundos	20 minutos
Passagem de veículos em via estreita		30 segundos	15 minutos
Estacionamento	Normal	45 segundos	10 minutos
Longitudinal	Praça do Comércio	60 segundos	10 minutos

3.5 Validação

O processo de validação do modelo é uma das tarefas mais importantes do trabalho de modelação, servindo essencialmente para confirmar a eficácia da construção do modelo e a sua calibração. Este processo pretende garantir que as diferenças entre as estimativas do modelo e as observações são aceitáveis tendo em conta o objetivo da modelação. Neste problema em específico a validação assenta na comparação direta das velocidades médias simuladas com os valores obtidos na realidade e registadas com o *datalogger* GPS em 13 percursos (ver a Figura 30).

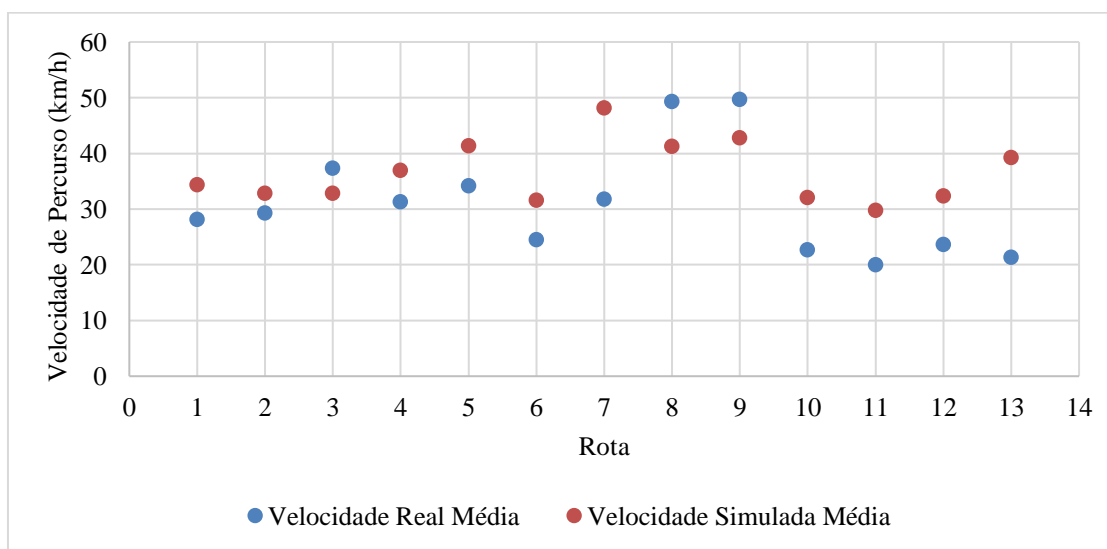


Figura 30 - Comparação de velocidade de percurso real vs. simulada

Analisando a figura anterior, pode-se concluir que na maior parte dos percursos as velocidades médias simuladas são superiores às reais. Procedeu-se assim a uma nova calibração, efetuada em simultâneo com a validação, na qual se incluíram novos troços. No modelo retificado corrigiram-se as velocidades máximas de circulação, resultando em velocidades de 45 km/h e de 25 km/h, respetivamente para os troços de pavimento em betuminoso e de pavimento em empedrado. Verificou-se ainda que na rede real existe um conjunto de locais – lombas, irregularidades no pavimento ou entradas/saídas de estacionamento – que os condutores atravessam a velocidades muito baixas. Nestes casos alterou-se a velocidade máxima do eixo para 10 km/h. Em zonas com grande conflito de veículos devido a estacionamento longitudinal, a velocidade também foi alterada para 20 km/h. A Figura 31 ilustra o modelo final.

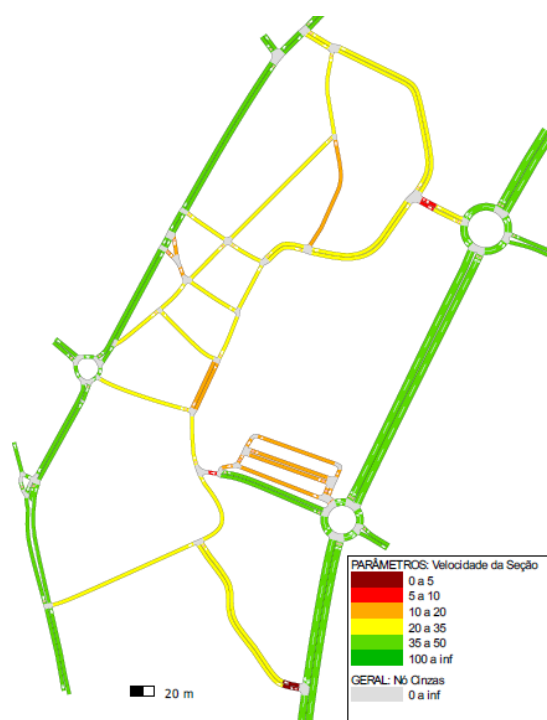


Figura 31 - Modelo final calibrado e validado

Realizado o processo de calibração/validação (recalibração), comprova-se que o modelo apresenta um melhor desempenho. Na Figura 32 verifica-se a diferença de valores entre simulações e valores reais, onde após o processo de recalibração, os valores simulados apresentam uma maior proximidade aos valores reais.

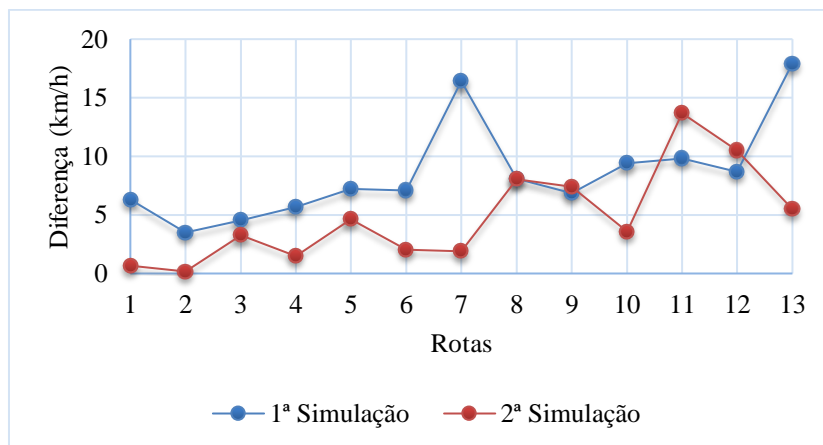


Figura 32 - Diferença absoluta da velocidade de percurso simulado vs. real

3.6 Conclusões

Os processos de construção, calibração e validação são os três pilares onde assenta o modelo de simulação. O processo de construção geométrica do modelo foi relativamente fácil de executar, devido à disponibilidade de plantas em formato CAD, onde após importação e segundo o painel de ferramentas do *software* Aimsun, se construiu um modelo geométrico da rede. A obtenção de matriz O/D, essencial para recriar o volume de tráfego existente na rede, foi uma das tarefas que demorou mais tempo, devido às constantes mudanças do núcleo da matriz associadas ao método iterativo utilizado.

Na fase de calibração foi necessário colocar centróides internos e ajustar o parâmetro Logit do modelo de escolha de trajetos para reproduzir satisfatoriamente os volumes de tráfego que se observaram no interior da rede. Foram também criados incidentes periódicos no modelo, para simular as perturbações à circulação viária que existem na realidade. A comparação das velocidades livre de percurso revelou que o modelo sobestimava as velocidades efetivamente praticadas, pelo que houve necessidade de ajustar as velocidades máximas de circulação.

O modelo, no seu estado atual de desenvolvimento, apresenta um conjunto de imprecisões que limitam a sua aplicabilidade em termos de estimativas absolutas. No entanto, como o principal objetivo do trabalho é comparar os impactos de intervenções na rede viária em termos relativos, basta que o modelo atual represente uma realidade possível e não muito distante da que se pretendia modelar (laboratório virtual), o que efetivamente se verifica.

4. Proposta de alteração e apresentação de resultados

4.1 Introdução

Este capítulo descreve a fase mais importante do estudo, onde se expõe a proposta de alteração da rede e a comparação com a rede atual. Procurou-se desenvolver uma proposta realista e facilmente implementável, que permita eliminar ou mitigar os principais problemas observados. A avaliação comparativa do desempenho da proposta tem por base um conjunto de indicadores que se apresentam de seguida.

Desse modo, procedeu-se à criação de uma alternativa que, na perspetiva do investigador, refletisse um aspeto realístico do que deverá acontecer no terreno, visando a eliminação dos problemas existentes na rede. Esta proposta foi executada após a análise cuidada de toda a rede, os deslocamentos realizados, às mudanças de direção efetuadas e aos incidentes que existem na rede. Esta solução é avaliada no seguimento do capítulo, de acordo com o desempenho que esta proposta apresenta em função dos quatro índices de desempenho referidos anteriormente, sendo efetuada uma comparação com os índices de desempenho da rede modelada inicialmente (rede viária existente).

4.2 Indicadores de desempenho

4.2.1 Tempo total de deslocação e distância total percorrida

Cada condutor tem o seu próprio referencial de comparação de alternativas, ponderando o “custo de deslocação” de cada trajeto alternativo através de um conjunto diversificado de parâmetros, tais como o tempo de deslocação, a distância percorrida, o número de paragens, o estado do pavimento, a paisagem, etc. O tempo de deslocação e a distância total do percurso são tradicionalmente os aspetos mais valorizados pelos condutores nas deslocações efetuadas em meio urbano, pelo que estes indicadores devem ser considerados sempre que se avalia uma proposta de intervenção na rede. Note-se que os dois indicadores devem ser incluídos já que nem sempre uma diminuição da duração de percurso é acompanhada de uma diminuição da extensão do trajeto.

O tempo total de deslocação, em meio urbano, está diretamente interligado com o volume de tráfego, com a intensidade de interseções, tráfego pedonal e a distância percorrida. Neste meio é perceptível que a diferença de distâncias percorridas, em percursos diferentes e para o mesmo destino, é mínima, apresentando também os tempos de percurso uma diferença mínima.

4.2.2 Consumo de combustível

Atualmente, os preços de combustíveis fósseis, como é o caso dos derivados do petróleo e do gás natural, tendem a aumentar em proporção inversa às reservas disponíveis para venda, flutuando com elevada frequência. Os consumos de combustível têm um peso elevado nos custos das deslocações motorizadas, sendo que por norma os percursos mais longos tendem a ser percursos onde se consome mais combustível. Em meio urbano esta regra nem sempre se verifica devido à influência das interseções, do congestionamento e dos incidentes. O consumo é também afetado por um conjunto de parâmetros relativos ao condutor e ao tipo de veículo, sendo neste caso adotado um veículo padrão para a obtenção dos dados (Figura 33). Considera-se assim relevante avaliar neste estudo o consumo total de combustível ao longo do período de simulação.

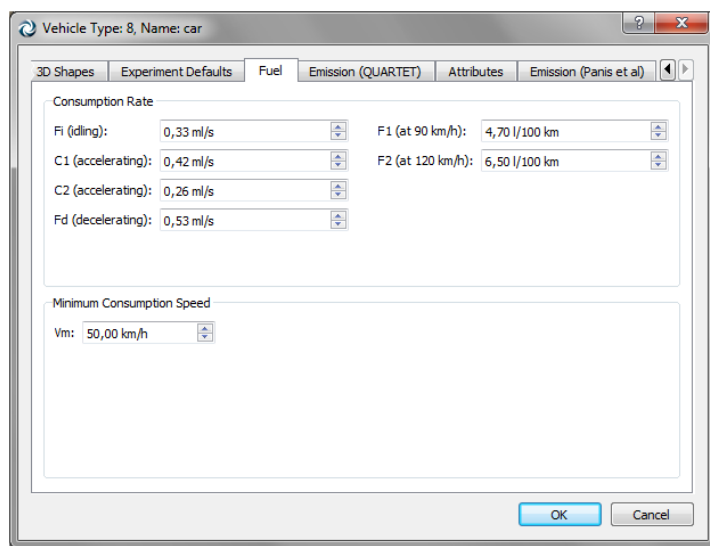


Figura 33 - Valores de consumo de combustível para veículo padrão (Aimsun, 2014)

4.2.3 Aspetos ambientais

Uma grande preocupação mundial é a poluição ambiental com efeitos de destruição da camada de ozono, não só por parte da grande indústria, mas também pela parte da circulação viária (Brilhante, 1999). Os níveis de poluição atmosférica atingiram valores críticos nos últimos anos em diversas cidades, como por exemplo a cidade de Lisboa, que já na terceira fase do programa Zonas de Emissão Reduzida, os níveis de poluição continuavam elevados (Diário de Notícias, 2015).

Em meio urbano a poluição atmosférica constitui-se como um dos principais fatores de degradação da qualidade de vida das populações. Os compostos libertados para a atmosfera provenientes da exaustão de gases dos veículos automóveis originam uma variedade de impactes ambientais a diferentes escalas geográficas e temporais (CML, 2016).

Apesar de existir um conjunto de meios de poluição ambiental, os meios de transporte (veículos ligeiros e pesados), mesmo que numa escala menor, têm tido uma grande importância no aumento exponencial de libertação de gases para a atmosfera. Os veículos equipados com motor a *diesel*, em especial os veículos pesados de mercadoria, são vistos pela população como um dos grandes responsáveis pelas emissões de poluentes. Em vários países estes veículos são alvo

de acréscimos de preços e taxas para que a sua circulação seja a mais limitada possível, especialmente dentro das cidades. Em Portugal existe uma grande proporção de veículos movidos a *diesel* (ACAP, 2015 p. 33), como referido na Tabela 6, o que torna difícil a limitação das emissões poluentes.

Tabela 6 – Vendas de veículos automóveis em Portugal 2014 adaptado (ACAP, 2015 p. 33)

	Combustível	Unidades	%
Total por combustível (2014)	<i>Diesel</i>	131443	76,3%
	Gasolina	37793	21,9%
	G/E	1144	0,7%
	G/GPL	786	0,5%
	D/E	782	0,5%
	Elétrico	216	0,1%
	PHEV	85	0,0%
	GPL	83	0,0%
	G/GN	10	0,0%
	EREV	15	0,0%

É assim importante quantificar a variação de emissões poluentes no planeamento de um novo corredor de circulação. O software Aimsun possui um modelo de emissões de poluentes (Figura 34) capaz de estimar dados de emissões de vários poluentes para diferentes tipos de veículos.

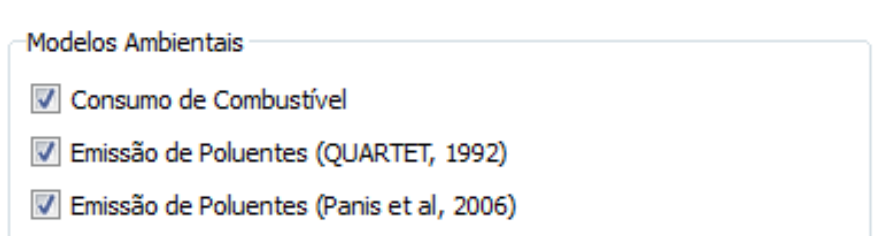


Figura 34 - Modelo Ambiental Aimsun

Para esta análise foi seguido o modelo de emissão de poluentes baseado em Panis et al., 2006 com os parâmetros predefinidos pelo Aimsun. Foram quantificadas as emissões de CO₂ (dióxido de carbono), NO_x (óxido de nitrogénio) e COV (compostos orgânicos voláteis). Destacou-se, no entanto, a análise das emissões de CO₂, assumindo que as emissões dos restantes poluentes estão correlacionadas.

4.3 Proposta de alteração

O objetivo principal deste estudo resume-se neste subcapítulo com a apresentação de uma proposta com um conjunto de soluções aos problemas enunciados ao longo do documento. Uma proposta única, que evidencie a eliminação de todos os problemas identificados ao longo do estudo, foi criada com auxílio da eliminação e remodelação dos sentidos de circulação e eliminação de vias.

Assim, antes de identificar as mudanças propostas é necessário a visualização de todos os problemas identificados pelo investigador neste estudo. Os principais problemas de circulação, nesta rede, são a circulação de veículos em sentido oposto em vias de reduzida largura onde já ocorreram acidentes com feridos, mas também se pode observar um grande problema de estacionamento longitudinal em arruamentos com largura suficiente para a passagem de dois veículos. Na Figura 35 são assinalados os locais onde existe uma condicionante na circulação de veículos, sendo a proposta criada resultante da eliminação destes conflitos.

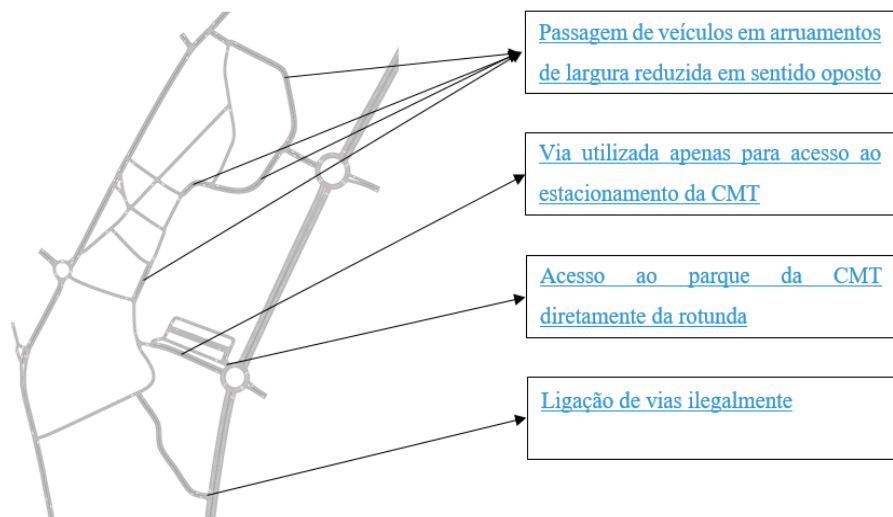


Figura 35 – Problemas identificados ao longo do estudo na rede viária de Tondela



Figura 36 – Problemas identificados (A – Arruamentos de largura reduzida; B – Acesso direto de rotunda; C – Acesso construído ilegalmente)

Na proposta elaborada consta, além da eliminação dos conflitos apresentados anteriormente, a retificação da rede, com alteração de sentidos de circulação, de modo a proporcionar aos utentes destas vias uma circulação fluida, seja qual for o local de início e fim de percurso. As alterações efetuadas (assinaladas a cor vermelha) podem ser visualizadas no esquema da rede apresentado na Figura 37.

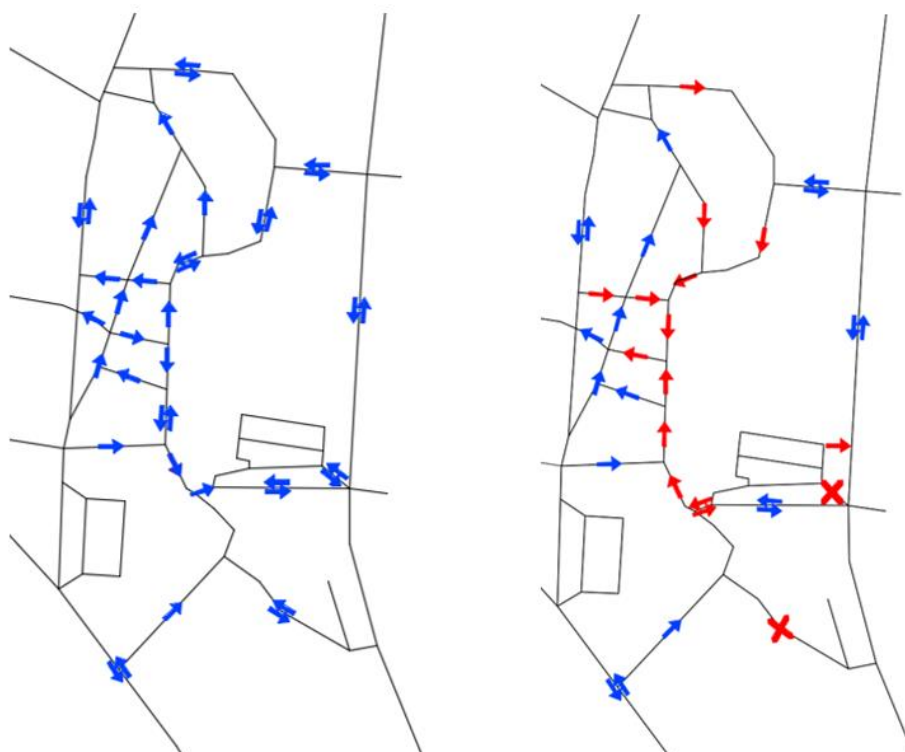


Figura 37 – Alterações propostas na rede viária (rede viária existente à esquerda e proposta de alteração à direita)

No total existem neste modelo um conjunto de 15 movimentos criados, alterados ou eliminados, com a sua origem em três bases diferentes, como observável na Tabela 7. As alterações propostas significam um aumento de segurança na circulação viária e pedonal nos arruamentos afetados, sendo nomeadamente a eliminação de sentidos de circulação opostos a mais-valia desta proposta, evitando assim, como no passado, alguns acidentes de veículos frente-frente.

Tabela 7 – Origem das alterações propostas no modelo

Alteração	Nº de Movimentos
Mudança de sentido de circulação	7
Eliminação dos sentidos de circulação	6
Criação de sentido de circulação	2
Total	15

4.4 Comparação de resultados

Na comparação de alternativas utilizaram-se os quatro índices de desempenho apresentados anteriormente. Os valores finais simulados são obtidos através da média, após dez simulações de cada cenário, de que resultaram os valores apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados do sistema viário atual

Índice de desempenho	Atual	Proposta
Tempo total de deslocação	31,8 h	32,1h
Distância total percorrida	1224,4 km	1209,3 km
Consumo de combustível	88,7 l	88,7 l
CO ₂	279,2 kg	279,8 kg

Notando que em cada simulação o número médio de veículos simulado é de 1622 veículos, cada um destes permanece em média 1,17 minutos dentro da rede, percorrendo em média aproximadamente 755 metros com um consumo médio de 55 ml de combustível e originando assim 172 gramas de emissões de CO₂. Relativamente à proposta de alteração os veículos circulam em média 1,18 minutos, percorrendo aproximadamente 745 metros, com o mesmo consumo de combustível, ou seja, em média 55 ml, mas com a produção de CO₂ a registar o valor de 173 gramas. Os valores dos índices de desempenho, obtidos na proposta de alteração, são neste caso, ligeiramente agravados, principalmente o tempo de deslocação e as emissões de CO₂.

Conclui-se assim que os benefícios decorrentes da eliminação dos pontos de conflito nos eixos bidirecionais são anulados pelo aumento do tempo de percurso de alguns trajetos. Tal não impede que se considere a proposta globalmente positiva. Considerando este ponto, foram definidos seis troços (Sernadas – Centro 2; Hotel – CMT; Feira – Centro 2; N230 – Centro 1; Adega – Centro 1 e Sernadas - Feira) individuais para comparação dos valores de tempo de percurso e distância percorrida.

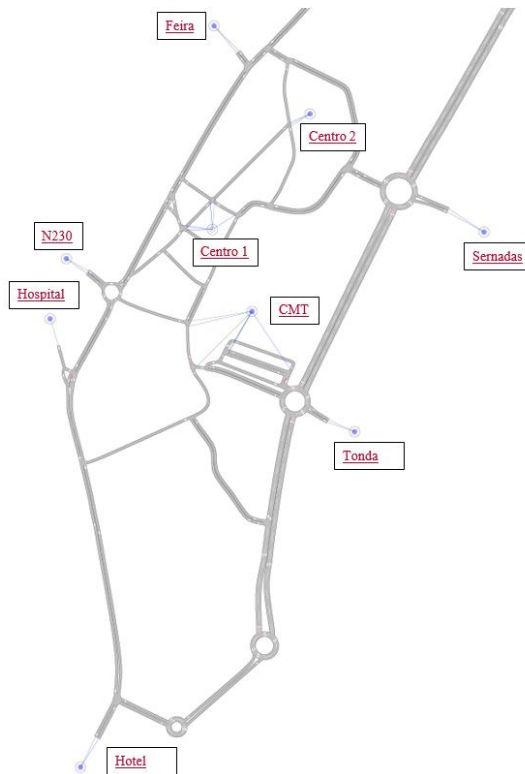


Figura 38 – Identificação dos centróides analisados

Verificou-se com estas comparações que a jusante do centróide de Sernadas, com a eliminação de um dos sentidos de circulação, obtém-se percursos mais longos e de duração superior. Em contrapartida, reduz-se a distância média dos percursos com destino no centro da cidade. Considera-se assim que as intervenções propostas para o parque de estacionamento e a implementação de sentidos únicos no núcleo histórico, são globalmente positivas essencialmente pelo facto de clarificarem a lógica de circulação e aumentarem os níveis de segurança tanto para o tráfego motorizado como para os peões.

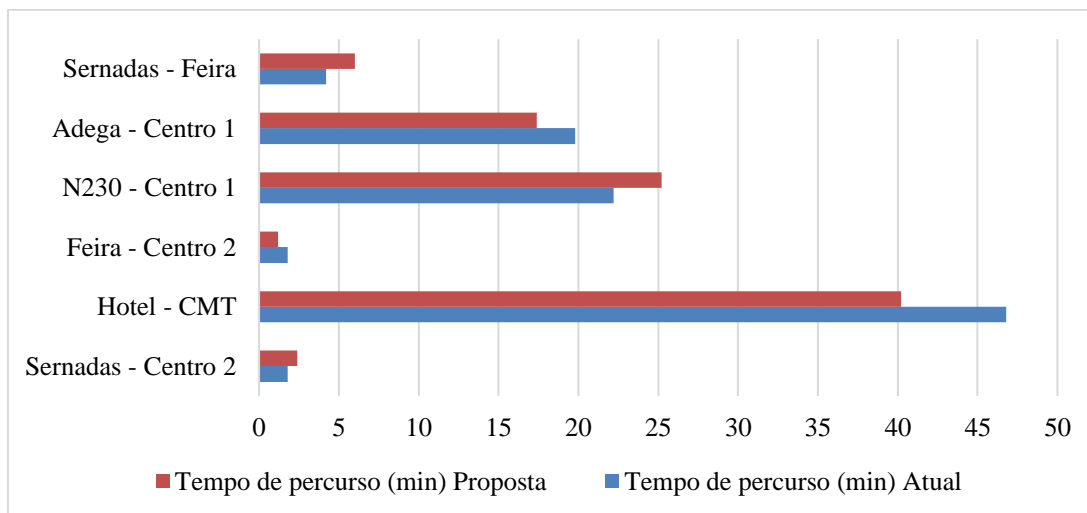


Figura 39 – Tempo de percurso individual

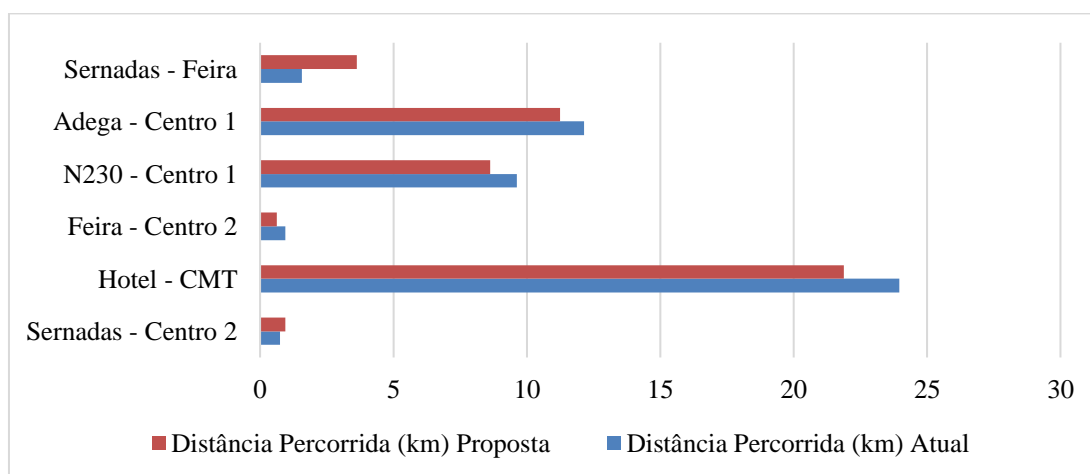


Figura 40 – Distância percorrida individual

Verificou-se com estas comparações que nomeadamente a jusante do centróide de Sernadas, com a eliminação de sentidos de circulação, obrigado os veículos a circularem em sentido único, obtém-se percursos mais longos e de duração superior. No entanto, relativamente aos percursos com destino no centro da cidade, verifica-se uma distância percorrida inferior à atual, devido à reformulação da rede e à criação de nova entrada na rede a montante da Rua Tomaz Ribeiro. As intervenções propostas para o parque de estacionamento e a implementação de sentidos únicos no núcleo histórico, clarificam a lógica de circulação e o aumento dos níveis de segurança para o tráfego motorizado como para os peões, sendo os benefícios de tempo de

percurso e distância percorrida originados em um percurso são anulados em outro. Atendendo à vista benefício/prejuízo da proposta repara-se que os sentidos de circulação com menor volume de tráfego são prejudicados, enquanto os sentidos de maior volume são beneficiados, sendo que assim o novo modelo é potencialmente uma alternativa ligeiramente melhor.

4.5 Conclusões

A comparação geral apresentada sugere um conjunto de intervenções que propõem a eliminação dos grandes conflitos existentes na rede e com a implantação de uma circulação mais segura. Estes dois pontos foram os alicerces da construção de um modelo, onde a eliminação de arruamentos de largura reduzida com dois sentidos de circulação e a reformulação dos sentidos de circulação existente, sustentaram toda a modelação.

A alteração teria como função o melhoramento dos índices de desempenho apresentados, mas apenas o índice de distância total percorrida teve uma melhor avaliação, comparativamente com o modelo atual. Este fenómeno é explicável devido à reformulação da rede e à criação de movimentos, que antes seriam executados de forma insegura, com várias paragens inesperadas e por vezes acidentes. A proposta, apesar de não apresentar um melhor desempenho, segundo os índices, aparenta uma circulação viária e pedonal mais segura e eficiente.

A proposta em si apresenta melhorias em dois sentidos, sendo estes a circulação viária segura e eficiente e noutro a circulação pedonal, com a possibilidade de construção de corredor afeto à mesma, elevando a segurança de todos os peões que circulam nos arruamentos da cidade.

5. Conclusões gerais e desenvolvimentos futuros

5.1 Conclusões Gerais

O documento encontra-se organizado em duas partes essenciais. O estágio curricular efetuado na Câmara Municipal de Tondela, correspondente à primeira parte, encontra-se descrito no primeiro capítulo e apresenta os objetivos e as atividades desenvolvidas durante o período de estágio. Nesta parte introdutória é também apresentada a estrutura base do documento.

A segunda parte do documento resume-se aos três capítulos seguintes, que incidem sobre a simulação da rede viária da zona histórica de Tondela e sobre o desempenho comparativo de uma proposta de intervenção na rede. Nos pontos seguintes apresenta-se um resumo dos trabalhos desenvolvidos e referem-se as principais conclusões.

Capítulo 2

Este capítulo foi reservado para uma revisão bibliográfica sobre os métodos de avaliação de interseções urbanas. Após análise dos métodos disponíveis para a avaliação do desempenho de interseções, procedeu-se à subdivisão em duas categorias. A divisão foi realizada nos métodos de análise a interseções isoladas que resumidamente se processam por métodos analíticos e seguem metodologias probabilísticas, estatísticas, de desenvolvimento complexo e cálculo

demorado. Outra das opções são os métodos de análise de redes viárias com foco nos sistemas de simulação, que desenvolvem uma análise a todos os parâmetros de uma rede viária. Estes métodos dispõem de processos computacionais de fácil utilização e com resultados rápidos.

Após a verificação dos modelos disponíveis, adotou-se a técnica da microssimulação para análise da rede completa. Dentro dos *softwares* disponíveis no mercado, optou-se pela escolha do programa Aimsun.

Capítulo 3

O terceiro capítulo deste documento tem na sua síntese duas fases distintas na modelação da rede, nomeadamente a obtenção de dados e a construção do modelo. Após se definir a área de modelação, o processo de obtenção de dados seguiu dois métodos distintos, sendo estes o método de obtenção manual, para as contagens de tráfego e incidentes, e o método de obtenção mecânico com auxílio de equipamento GPS, para aquisição de dados como velocidade e tempo de percurso. Todos os dados adquiridos estão sujeitos a pequenos erros, devido a serem obtidos em dias diferentes.

A segunda fase deste capítulo consiste nos três pilares da modelação – a construção, calibração e validação do modelo. Para a modelação inicial da infraestrutura e da procura recorreu-se, respetivamente, a uma planta CAD e às contagens de tráfego realizadas. De seguida foi necessário aproximar os valores simulados aos valores observados *in-situ*, com a utilização de dados como a velocidade praticada nas vias, a escolha de trajetos, os incidentes periódicos e a colocação de centróides internos. O último pilar na construção da rede é o processo de validação, sendo feita a comparação direta dos valores de velocidade e tempo de percurso, com o objetivo de evidenciar a veracidade dos valores simulados.

Capítulo 4

O capítulo final, que consiste no desenvolvimento da proposta de alteração da rede viária e na apresentação dos resultados de cada modelo, é dividido em três subcapítulos. Inicialmente, são apresentados os indicadores de desempenho utilizados – tempo total de percurso, distância total percorrida, consumo de combustível e emissão de CO₂ – os quais foram selecionados pela sua importância a nível de cada condutor e da sociedade.

Seguidamente, foram identificados os problemas de funcionamento da rede atual, com base nos quais se desenvolveu uma proposta com 15 medidas de alteração.

Finalmente, são apresentados os valores comparativos dos índices de desempenho, concluindo-se que na generalidade os valores não apresentam uma melhoria entre a proposta de alteração e o modelo inicial. Sendo assim procedeu-se a uma verificação individual, escolhendo seis percursos onde se comparou o tempo total de percursos e a distância total percorrida. Apesar de a proposta resultar num ligeiro agravamento dos principais índices de desempenho, em alguns percursos individuais registaram-se melhorias.

5.2 Desenvolvimentos futuros

No decorrer deste trabalho surgiram diversas questões que não foram inteiramente resolvidas no estudo, por se considerar que não se enquadravam no âmbito inicial da dissertação. Apresenta-se, assim, um conjunto de linhas de pesquisa que justificam trabalhos que podem ser desenvolvidos futuramente:

- Alargamento da área de modelação a todo o centro urbano de Tondela, o que permitiria compreender melhor o impacto das medidas propostas sobre os movimentos de atravessamento do centro, sendo neste caso específico necessário definir uma estratégia global de hierarquização viária, identificando as funções a assegurar por cada arruamento e as respetivas características geométricas e funcionais. Seria necessário estabelecer para cada arruamento um delicado equilíbrio entre o espaço afeto à circulação motorizada, ao estacionamento e à circulação de peões e ciclistas. A este nível de intervenção, seria também necessário estudar pormenorizadamente o desempenho das interseções nas vias estruturantes em termos de capacidades;
- Atendendo às crescentes preocupações ambientais, seria importante desenvolver uma proposta global de otimização do sistema de transportes, no centro de Tondela, orientado para a melhoria do ambiente urbano, com ênfase na mobilidade pedonal e ciclável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACAP. (2015). Estatísticas do sector automóvel. 197. Lisboa: Associação Automóvel de Portugal.

Aimsun. (2014). Aimsun 8 Users' Manual. Transport Simulation Systems.

Alexiadis, V., Jeannotte, K., & Chandra, A. (2004). Traffic Analysis Toolbox Volume I. Georgetown Pike: Federal Highway Administration.

Atkins Limited. (2016). Saturn: Congested Highway Assignment Software. Obtido em 24 de novembro de 2016, de <https://saturnsoftware2.co.uk/>

Bernardo, N. M. (2015). Avaliação do Desempenho de um Corredor de Turbo-rotundas – Segurança. Avaliação do Desempenho de um Corredor de Turbo-rotundas – Segurança. Tese de mestrado, Universidade de Coimbra.

Branco, F. E., Santos, L. d., & Capitão, S. D. (1996). Vias de Comunicação 1 (2000/2001 ed., Vol. I). (L. d. Santos, Ed.) Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra.

Brilhante, O. M. (1999). Gestão e avaliação da poluição, impacto e risco na saúde ambiental. 155. Rio de Janeiro: Fio Cruz.

Carvalho, A. F. (1981). A Terra de Besteiros e o Atual Concelho de Tondela. Tondela: Câmara Municipal de Tondela.

CML. (2016). Qualidade do Ar. (Câmara Municipal de Lisboa) obtido em 01 de dezembro de 2016, de <http://www.cm-lisboa.pt/viver/ambiente/ar>

CMT. (2002). Estudo de circulação e segurança Rodoviária de Tondela. Tondela: Câmara Municipal de Tondela.

CMT. (2016). Freguesias. (Câmara Municipal de Tondela) obtido em 01 de dezembro de 2016, de <http://www.cm-tondela.pt/index.php/municipio/freguesias>

Diário de Notícias. (01 de dezembro de 2015). Níveis de Poluição na Av. da Liberdade pioraram no último ano. (D. d. Notícias, Editor, & Diário de Notícias) obtido em 01 de dezembro de

2016, de Diário de Notícias: <http://www.dn.pt/sociedade/interior/niveis-de-poluicao-na-avenida-da-liberdade-pioraram-no-ultimo-ano-4977190.html>

Fratar, E. C. (2016). Fratar, Engenharia Consultiva. Obtido em 23 de 11 de 2016, de Fratar, Engenharia Consultiva: <https://www.fratar.com.br/>

Gipps, P. G. (1981). A behavioural car-following model for computer simulation (Vol. 15). Transportation Research Part B: Methodological.

Goldner, L. G. (2008). Engenharia de Tráfego - 1º Modulo. Engenharia de Tráfego - 1º Modulo, I. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina.

Gomes, G. Z. (2004). Uso de Microssimulação na Avaliação da Sustentabilidade de Corredores Rodoviários. (Tese de mestrado), 112. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

Google Maps. (2016). Google Maps. (Google) obtido em 01 de dezembro de 2016, de <https://www.google.pt/maps/dir/40.5176139,-8.0772082/40.5159959,-8.0805155/@40.5153491,-8.0789329,17z/data=!4m2!4m1!3e0>

Hall, D., Van Vliet, D., & Willumnsen, L. (1980). SATURN – a simulation-assignment model for the evaluation of traffic management schemes. Traffic Engineering + Control.

Harders, J. (1968). The capacity of unsignalized urban intersections. Schriftenreihe Strassenbau und.

Leonard, D., Tough, J., & Baguley, P. (1978). CONTRAM: a traffic assignment model for predicting flows and queues during peak periods. Crowthorne: Laboratory Report LR841. Transport and Road Research Laboratory.

Lindley, J. A. (2004). Traffic Analysis Toolbox Volume I: Traffic Ferramentas de Análise Primer. Georgetown Pike: Federal Highway Administration.

Machado, J. P. (2004). Modelação e Simulação de Sistemas de Tráfego. Modelação e Simulação de Sistemas de Tráfego (Tese de Mestrado). Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.

- Oliveira, S. F. (2016). Calibração de modelos de microssimulação de tráfego para análise de interseções urbanas. (Tese de Mestrado em Engenharia de Construção e Reabilitação). Viseu: Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu.
- Panis, L., Broekx, S., & Liu, R. (2006). Modeling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits. 270–28. *Sci. Total Environ.*
- Silva, A. B., Vasconcelos, L., Correia, G., & Santos, S. (2013). *Microssimulação Aplicada aos Estudos de Acessibilidade. (7º Congresso Rodoviário Português)*. Lisboa.
- Tobar, C. M. (2014). *Guia de Uso de Aimsun 8.02 para Análisis Microscópico, Mesoscópico, Híbrido y Macroscópico*. Universidad del Azuay.
- TRB. (2010). *HCM 2010: Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board. Washington, D.C.: National Research Council.
- TRL Limited. (2016). *TRANSYT: Traffic Network and Isolated Intersection Study Tool*. Obtido em 24 de novembro de 2016, de https://trlsoftware.co.uk/products/junction_signal_design/transyt.
- TSS. (2016). *RIPAS integrates Aimsun microsimulation and SPEKTR controllers*. (TSS - Transport Simulation Systems) obtido em 24 de novembro de 2016, de <https://www.aimsun.com/russia-ripas-integrates-aimsun-microsimulation-and-spektr-controllers/>
- Vasconcelos, A. L. (2004). *Modelos de Atribuição/Simulação de Tráfego: O Impacto na Qualidade dos Resultados de Erros no Processo de Modelação*. Modelos de Atribuição/Simulação de Tráfego: O Impacto na Qualidade dos Resultados de Erros no Processo de Modelação (Tese de mestrado em Engenharia Urbana), 163. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Vasconcelos, A. L. (2014). *Avaliação do Desempenho Operacional de Rotundas: Modelos e Aplicações*. (Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Especialidade de Urbanismo, Ordenamento do Território e Transportes), 269. Coimbra: Universidade de Coimbra.

Vasconcelos, L., Neto, L., Santos, S., Silva, A., & Seco, Á. (2014). Calibration of the Gipps car-following model using trajectory data. Calibration of the Gipps car-following model using trajectory data. 17th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, Sevilla, Spain: Transportation Research Procedia.

Wikipédia. (2016). Wikipédia - A enciclopédia livre. (Wikipédia) obtido em 23 de novembro de 2016, de Wikipédia: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tondela>

Apêndice A



PROPOSTA DE ALTERAÇÃO - VIAS DE COMUNICAÇÃO DA ZONA URBANA DE TONDELA

Câmara Municipal de Tondela



4 DE MAIO DE 2016
CÂNDIDO SANTOS

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO - VIAS DE COMUNICAÇÃO DA ZONA URBANA DE TONDELA

7.4.	TRAVESSA DO CLUBE	34
7.4.1.	DESCRIÇÃO	34
7.4.2.	PROPOSTA 1	34
7.4.3.	PROPOSTA 2	36
7.5.	LARGO DA REPÚBLICA	38
7.5.1.	DESCRIÇÃO	38
7.5.2.	PROPOSTA 1	39
7.6.	RUA DR. ANTÓNIO DA COSTA DIAS	41
7.6.1.	DESCRIÇÃO	41
7.6.2.	PROPOSTA 1	42
7.7.	RUA DR. CÂNDIDO FIGUEIREDO	44
7.7.1.	DESCRIÇÃO	44
7.7.2.	PROPOSTA 1	45
7.7.3.	PROPOSTA 2	46
7.7.4.	PROPOSTA 3	47
7.8.	RUA DR. ABEL MARIA LACERDA	48
7.8.1.	ENQUADRAMENTO	48
7.8.2.	PROPOSTA 1	49
7.8.3.	PROPOSTA 2	50
7.8.4.	PROPOSTA 3	51
7.8.5.	PROPOSTA 4	52
7.8.6.	PROPOSTA 5	54
7.8.7.	PROPOSTA 6	55
7.9.	TRAVESSA DA PAZ	57
7.9.1.	ENQUADRAMENTO	57
7.9.2.	PROPOSTA 1	57

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO - VIAS DE COMUNICAÇÃO DA ZONA URBANA DE TONDELA

ÍNDICE

1.	ENQUADRAMENTO DO DOCUMENTO	8
2.	PROCESSO DE CONDUÇÃO	10
3.	OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA SINALIZAÇÃO	11
3.1.	UNIFORME	11
3.2.	HOMOGENEIDADE	12
3.3.	SIMPLICIDADE	13
3.4.	CONTINUIDADE	14
3.5.	COERÊNCIA	14
4.	GRUPOS DE SINALIZAÇÃO	16
5.	CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DA SINALIZAÇÃO	18
5.1.	DIMENSIONAMENTO	18
5.2.	POSICIONAMENTO NA VIA	20
5.2.1.	COLOCAÇÃO TRANSVERSAL	20
5.2.2.	COLOCAÇÃO VERTICAL	21
5.2.3.	COLOCAÇÃO LONGITUDINAL	23
6.	MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO	24
7.	ALTERAÇÕES PROPOSTAS	25
7.1.	ENQUADRAMENTO	25
7.2.	RUA MARECHAL GOMES DA COSTA	26
7.2.1.	DESCRIÇÃO	26
7.2.2.	PROPOSTA 1	27
7.3.	RUA DR. SIMÕES DE CARVALHO	29
7.3.1.	DESCRIÇÃO	29
7.3.2.	PROPOSTA 1	29
7.3.3.	PROPOSTA 2	31
7.10.	RUA DOS COMBATENTES DA GRANDE GUERRA	59
7.10.1.	ENQUADRAMENTO	59
7.10.2.	PROPOSTA 1	60
7.11.	AVENIDA DR. ANTÓNIO JOSÉ DE ALMEIDA	62
7.11.1.	ENQUADRAMENTO	62
7.11.2.	PROPOSTA 1	63
7.11.3.	PROPOSTA 2	65
7.11.4.	PROPOSTA 3	66
7.12.	PRAÇA DO COMÉRCIO	69
7.12.1.	ENQUADRAMENTO	69
7.12.2.	PROPOSTA 1	70
7.13.	RUA ANÍBAL FIGUEIREDO	73
7.13.1.	ENQUADRAMENTO	73
7.13.2.	PROPOSTA 1	73
7.13.3.	PROPOSTA 2	75
7.14.	RUA DA FONTE NOVA	76
7.14.1.	ENQUADRAMENTO	76
7.14.2.	PROPOSTA 1	76
7.15.	RUA DO CASAL	79
7.15.1.	ENQUADRAMENTO	79
7.15.2.	PROPOSTA 1	80
7.16.	RUA DO TORNIO	82
7.16.1.	ENQUADRAMENTO	82
7.16.2.	PROPOSTA 1	83
7.17.	AVENIDA ENG.º ADELINO AMARO DA COSTA	85
7.17.1.	DESCRIÇÃO	85

7.17.2.	PROPOSTA 1.....	85
7.17.3.	PROPOSTA 2.....	86
7.18.	PARQUE ESTACIONAMENTO CÂMARA MUNICIPAL DE TONDELA.....	88
7.18.1.	DESCRIÇÃO.....	88
7.18.2.	PROPOSTA 1.....	88
7.18.3.	PROPOSTA 2.....	89
7.19.	RUA FONTE OUTEIRO	90
7.19.1.	ENQUADRAMENTO	90
7.19.2.	PROPOSTA 1.....	90
8.	CONCLUSÕES FINAIS	92
9.	BIBLIOGRAFIA.....	93

FIGURA 37 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	40
FIGURA 38 - MODELO PROPOSTO DE SINALIZAÇÃO	40
FIGURA 39 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	41
FIGURA 40 - DESRESPEITO À SINALIZAÇÃO EXISTENTE	42
FIGURA 41 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA	43
FIGURA 42 - ESQUEMA DE SINALIZAÇÃO A ADOTAR.....	43
FIGURA 43 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	44
FIGURA 44 - PARQUEAMENTO NÃO AUTORIZADO.....	45
FIGURA 45 - ESQUEMA DE ALTERAÇÃO A ADOTAR	46
FIGURA 46 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA	47
FIGURA 47 - SINALIZAÇÃO DEGRADADA	47
FIGURA 48 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	48
FIGURA 49 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	50
FIGURA 50 - ESQUEMA DE SINALIZAÇÃO A ADOTAR.....	50
FIGURA 51 - ORIENTAÇÃO ERRADA DA SINALIZAÇÃO	51
FIGURA 52 - SINALIZAÇÃO A ADOTAR	52
FIGURA 53 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	52
FIGURA 54 - SINALIZAÇÃO A ADOTAR	53
FIGURA 55 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	53
FIGURA 56 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	54
FIGURA 57 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	54
FIGURA 58 - SINALIZAÇÃO A SER REMOVIDA.....	55
FIGURA 59 - SINALIZAÇÃO A SER SUBSTITUÍDA.....	56
FIGURA 60 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	57
FIGURA 61 - DELIMITAÇÃO A SER ADOTADA	58
FIGURA 62 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA	58
FIGURA 63 - ENQUADRAMENTO DAS ALTERAÇÕES PROPOSTAS	58
FIGURA 64 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	59
FIGURA 65 - SINALIZAÇÃO A ADOTAR	60
FIGURA 66 - ENQUADRAMENTO DE SINALIZAÇÃO A ADOTAR	61
FIGURA 67 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	63
FIGURA 68 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	64
FIGURA 69 - DELIMITADOR A SER UTILIZADO	64
FIGURA 70 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	65
FIGURA 71 - SINALIZAÇÃO A ADOTAR	66
FIGURA 72 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO ADOTADA.....	66
FIGURA 73 - SINALIZAÇÃO EXISTENTE	67
FIGURA 74 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - INFLUENCIA DO AMBIENTE RODOVIÁRIO NOS ACIDENTES URBANOS.....	8
FIGURA 2 - UTILIZAÇÃO NÃO UNIFORME DE SINALIZAÇÃO	12
FIGURA 3 - INEXISTÊNCIA DE HOMOGENEIDADE DE SINALIZAÇÃO	12
FIGURA 4 - SIMPLICIDADE DE SINALIZAÇÃO	13
FIGURA 5 - USO DE ABREVIATURAS.....	13
FIGURA 6 - INEXISTÊNCIA DE CONTINUIDADE DE SINALIZAÇÃO	14
FIGURA 7 - COLOCAÇÃO INDEVIDA DE SINALIZAÇÃO	15
FIGURA 8 - EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE SINAIS.....	19
FIGURA 9 - COLOCAÇÃO DA SINALIZAÇÃO EM ZONA URBANA.....	20
FIGURA 10 - ORIENTAÇÃO DOS SINAIS.....	21
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DE SINALIZAÇÃO.....	21
FIGURA 12 - LOCALIZAÇÃO DE SINALIZAÇÃO.....	22
FIGURA 13 - EXEMPLO DE SINAIS DE DIREÇÃO.....	22
FIGURA 14 - SINALIZAÇÃO DE INDICAÇÃO.....	23
FIGURA 15 - ZONA EM ESTUDO	25
FIGURA 16 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	26
FIGURA 17 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	27
FIGURA 18 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	27
FIGURA 19 - ESQUEMA DE SINALIZAÇÃO A ADOTAR.....	28
FIGURA 20 - SINALIZAÇÃO OBSTRUÍDA	28
FIGURA 21 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	29
FIGURA 22 - DELIMITAÇÃO EXISTENTE	30
FIGURA 23 - SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	30
FIGURA 24 - ESQUEMA DE ALTERAÇÃO PROPOSTA	31
FIGURA 25 - DESRESPEITO À SINALIZAÇÃO EXISTENTE	32
FIGURA 26 - SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	32
FIGURA 27 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA	33
FIGURA 28 - ESQUEMA DE SINALIZAÇÃO ADOTADA	33
FIGURA 29 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO	34
FIGURA 30 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	35
FIGURA 31 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	35
FIGURA 32 - MODELO DE SINALIZAÇÃO A ADOTAR.....	36
FIGURA 33 - SINALIZAÇÃO A ADOTAR E DELIMITAÇÃO UTILIZADA	37
FIGURA 34 - ESQUEMA DE PROPOSTA ADOTADA	37
FIGURA 35 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	38
FIGURA 36 - EXISTÊNCIA DE SINALIZAÇÃO.....	39

FIGURA 75 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	68
FIGURA 76 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	69
FIGURA 77 - IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMA NA INSERÇÃO DE TRÁFEGO	70
FIGURA 78 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	71
FIGURA 79 - ESTACIONAMENTO INCORRETO	71
FIGURA 80 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	72
FIGURA 81 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO A ADOTAR	72
FIGURA 82 - ZONA DE LAZER PARA PEÕES.....	73
FIGURA 83 - LIMPEZA DE SINALIZAÇÃO	74
FIGURA 84 - SINALIZAÇÃO COM DIFERENTES ALTURAS DE COLOCAÇÃO	74
FIGURA 85 - SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	75
FIGURA 86 - ESQUEMA DA SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	75
FIGURA 87 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	76
FIGURA 88 - SINALIZAÇÃO A ADOTAR	77
FIGURA 89 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO A ADOTAR	78
FIGURA 90 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	79
FIGURA 91 - VEÍCULO ESTACIONADO	80
FIGURA 92 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	80
FIGURA 93 - SINALIZAÇÃO A ADOTAR	81
FIGURA 94 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	81
FIGURA 95 - DESNÍVEL EXISTENTE	82
FIGURA 96 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	82
FIGURA 97 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	83
FIGURA 98 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA	83
FIGURA 99 - SINALIZAÇÃO A NECESSITAR DE LIMPEZA	84
FIGURA 100 - INCORRETA INSERÇÃO DE TRÁFEGO	85
FIGURA 101 - SOLUÇÃO PROPOSTA DE PROLONGAMENTO DAS RAIAS	86
FIGURA 102 - DIFERENTE SINALIZAÇÃO UTILIZADA NA MESMA VIA.....	87
FIGURA 103 - LIGAÇÃO ESTACIONAMENTO-ROTUNDA	88
FIGURA 104 - PROPOSTA DE SOLUÇÃO.....	89
FIGURA 105 - ENQUADRAMENTO DO ARRUIAMENTO.....	90
FIGURA 106 - SINALIZAÇÃO A SER ADOTADA.....	91
FIGURA 107 - ENQUADRAMENTO DA SINALIZAÇÃO PROPOSTA.....	91

1. ENQUADRAMENTO DO DOCUMENTO

O sistema rodoviário é constituído por três elementos essenciais, sendo estes o condutor, o veículo que conduz e o ambiente rodoviário constituído pela via, pelas marcas rodoviárias e pela sinalização horizontal e vertical.

O sistema de sinalização vertical, existente no ambiente rodoviário, não existe para corrigir erros de deficiente conceção ou degradação da via, mas sim a construção de um sistema de comunicação entre a via e os utentes da mesma.

A interligação entre os elementos de sinalização e condutor é responsável por cerca de 30% dos acidentes ocorridos em ambiente urbano, sendo a colocação correta e eficaz da sinalização vertical, um passo importante para a redução de sinistralidade rodoviária nos meios urbanos.

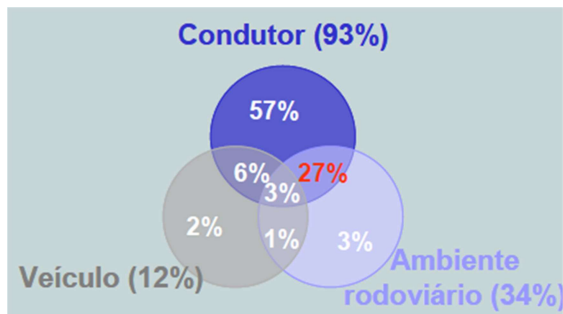


Figura 1 - Influência do ambiente rodoviário nos acidentes urbanos

O inadequado projeto rodoviário, provoca características na estrada, que na maioria das vezes, relacionado com a inexistência de sinalização ou posicionamento errado, leva ao aumento do tempo de reconhecimento e decisão do condutor, provocando grandes congestionamentos e por vezes acidentes (atropelamentos e pequenos choques).

2. PROCESSO DE CONDUÇÃO

A competência de condução é um processo complexo, que resulta da interação dos elementos descritos, que se desenvolve pelos seguintes campos:

- Navegação, sendo esta a fase de planeamento e execução de um percurso, normalmente executado mentalmente pelos moradores dos centros urbanos;
- Guiamento, sendo que corresponde ao conjunto de ações que o condutor opta para percorrer o seu percurso, interagindo com outros utentes e com a sinalização existente;
- Controlo, que corresponde as manobras realizadas na manutenção do trajeto, caso este tenha de ser alterado ou eliminado.

As tarefas descritas em cada momento descrevem um importante passo no cotidiano, sendo que a existência de um conjunto de mensagens escritas ou simbólica, referido como "comunicação" da estrada com o utente, deve possibilitar uma maior segurança e eficiente controlo dos percursos.

É da responsabilidade de cada condutor, o respeito pelas mensagens que são transmitidas pelos sinais de trânsito impostos nos respetivos locais. O desrespeito dos mesmos é sancionado com coimas pelas autoridades.

De acordo com a marcação "CE", a reposição e substituição de sinalização apenas é possível por aquela que está abrangida pela marcação, sendo que em 90% das empresas do setor, já existe níveis de desempenho, dotando os sinais de características resistentes superiores, aumentando o nível de segurança ao utente e o melhor produto para a obra.

É de salientar que qualquer tipo de substituição de sinalização, o dono de obra não pode fazer a substituição por sinais que estejam em stock antes da data de 1 de julho de 2013.

3. OS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA SINALIZAÇÃO

A sinalização existente em cada local, deve ser a mais indicada e credível, isto é, a sinalização deve ser adequada às situações existentes, para ser facilmente respeitada pelos utentes que circulam na via.

Deve ser fornecido um conjunto de informações de legibilidade da via, fornecendo os condutores de todas as informações necessárias, para que naquele momento, de acordo com o seu campo de observação, seja capaz de reagir às situações previstas pela sinalização.

A sinalização para ser fiável e respeitada deve ser concebida de forma a respeitar um conjunto de condições referidas no documento.

3.1. UNIFORME

A utilização de sinalização, implicando o respeito pela normalização dimensional e gráfica do mesmo, ou seja, o respeito das regras do RST, constituindo uma uniformidade para o condutor.

Toda a sinalização rodoviária colocada na via pública, deve respeitar uma linguagem perfeitamente normalizada, constituída no código da estrada apreendido pelos condutores quando aprendem a linguagem única para a preparação do seu exame de condução.

O estudo da uniformização da sinalização, é feito tendo em consideração aspetos relacionados com a visibilidade, a legibilidade, a sua perceção e compreensão pelos utentes, a qualidade dos grafismos, etc.



Figura 2 - Utilização não uniforme de sinalização

3.2. HOMOGENEIDADE

O princípio da homogeneidade assegura em condições idênticas, que o condutor encontre o mesmo tipo de sinalização, com a mesma valência e dimensões, colocando o condutor num sistema de segurança.

O impacto sobre a segurança dos defeitos de homogeneidade pode dar-se de três modos:

- Um modo imediato, com o risco agravado de confusão entre mensagens, podendo resultar num acréscimo de risco de acidente;
- A longo prazo, pela perda de confiança do utente, contribuindo para o desrespeito que a falta de homogeneidade da sinalização provoca, levando, em última análise, à inutilidade prática da mesma;
- Criando dificuldades no ensino da condução, não podendo explicar-se e justificar-se convenientemente determinadas disposições, face a exemplos contraditórios evidentes.



Figura 3 - Inexistência de homogeneidade de sinalização

3.4. CONTINUIDADE

A existência de sinalização continua ao longo de um percurso, deve ser assegurada de modo a evitar existência de dúvidas e hesitações que podem originar manobras tardias ou decisões erróneas, com acréscimo de risco de acidentes.

Este princípio aplica-se unicamente à sinalização de orientação. Um destino indicado numa intersecção não pode aparecer ou desaparecer em função do espaço disponível nos sinais das intersecções contíguas.



Figura 6 - Inexistência de continuidade de sinalização

3.5. COERÊNCIA

Um último aspecto diz respeito à coerência da sinalização com a prática corrente e com as regras da circulação, o que é determinante na sua credibilidade.

O exemplo mais ilustrador deste problema, é o caso da utilização de sinalização vertical e horizontal no mesmo local, onde por vezes a colocação de sinalização horizontal de "STOP" e a colocação de sinalização vertical de cedência de passagem se contradizem.

3.3. SIMPLICIDADE

Através de um sistema simples, que diminui o tempo de perceção e de comparação das mensagens, possuímos um sistema que não seja fatigante para o utente.

A simplicidade obtém-se evitando uma sobrecarga de sinais, não dando informações desnecessárias ao utilizador, sendo que existe informação importante que se tende a perder no conjunto excessivo de informação colocado nas zonas urbanas.



Figura 4 - Simplicidade de sinalização

Outro exemplo é o da simplicidade das mensagens a reter em sinalização de orientação, de modo a facilitar a leitura dos respetivos sinais. Assim é que se devem usar abreviaturas sempre que possível, que devem ser sempre as mesmas para os mesmos destinos e evitar designações muito longas que, eventualmente, não trazem valor acrescentado à mensagem.



Figura 5 - Uso de abreviaturas

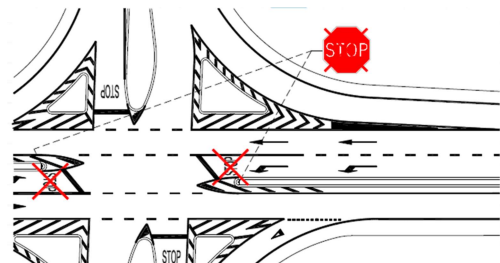


Figura 7 - Colocação indevida de sinalização

4. GRUPOS DE SINALIZAÇÃO

O sistema de sinalização vertical compreende, de acordo com o regulamento de sinalização do trânsito (RST), os seguintes elementos de sinalização vertical:

Sinais de perigo - Indicam a existência ou possibilidade de aparecimento de condições particularmente perigosas para o trânsito que imponham ao condutor especial atenção ou prudência.

Sinais de regulamentação - Destinam-se a transmitir aos utentes, obrigações, restrições ou proibições especiais. Dentro dos sinais de regulamentação consideram-se:

- a) Sinais de cedência de passagem – informam os condutores da existência de um cruzamento, entroncamento, rotunda ou passagem estreita, onde lhes é imposto um determinado comportamento ou uma especial atenção.
- b) Sinais de proibição – transmitem aos utentes a interdição de determinados comportamentos.
- c) Sinais de obrigação – transmitem aos utentes a imposição de determinados comportamentos.
- d) Sinais de prescrição específica - transmitem aos utentes a imposição ou proibição

de determinados comportamentos e abrangem:

- 1 - Sinais de seleção de vias – indicam as vias de trânsito que devem ser utilizadas pelos veículos que vão seguir os destinos indicados nos sinais.
- 2 - Sinais de afetação de vias – indicam a aplicação de prescrições a uma ou várias vias de trânsito.
- 3 - Sinais de zona – apenas utilizáveis dentro das localidades, indicam a entrada numa zona em que as prescrições ou indicações do sinal inscrito no sinal de zona são aplicáveis em todas as vias integradas na zona delimitada.

Sinais de indicação – Destinam-se a dar indicações úteis aos utentes. Subdividem-se em:

- a) Sinais de informação – indicam a existência de locais ou serviços de interesse e dão outras indicações úteis.

b) Sinais de pré-sinalização – indicam os destinos de saída de uma intersecção, completados ou não com indicações sobre o itinerário. Podem indicar ainda o itinerário que é necessário seguir para determinado efeito, a proximidade de uma via sem saída ou de um local frequentado por crianças ou a aproximação de uma passagem de nível.

c) Sinais de direção – indicam os destinos de saída que podem estar associados à identificação da estrada que os serve, nomeadamente no caso de autoestradas.

d) Sinais de confirmação – indicam a identificação da estrada em que estão colocados bem como os destinos e respetivas distâncias servidos direta ou indiretamente pelo itinerário.

e) Sinais de identificação de localidades – identificam e delimitam o início e fim das localidades, designadamente para, a partir do local em que estão colocados, começarem a vigorar as regras especialmente previstas para o trânsito dentro e fora das mesmas: regimes de circulação dentro e fora das localidades.

f) Sinais complementares – utilizam-se para completar indicações dadas por outros sinais.

g) Painéis adicionais utilizam-se para completar as indicações dadas pelos sinais verticais, para restringir a sua aplicação a determinadas categorias de utentes da via pública, para limitar a sua validade a determinados períodos de tempo ou para indicar a extensão da via em que vigoram as prescrições.

Sinalização de mensagem variável – Informa os utentes da existência de condições perigosas para o trânsito, transmitindo também obrigações, proibições ou indicações úteis. Essa informação é transmitida aos utentes através de equipamentos de sinalização que contêm sinais de trânsito, texto ou símbolos, que podem variar em função das necessidades e das condições existentes em determinado instante.

Sinalização turístico cultural – Destina-se a fornecer aos utentes, indicações sobre locais, imóveis ou conjuntos de imóveis e outros motivos que possuam especial relevância de âmbito cultural, histórico patrimonial ou paisagístico.

5. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DA SINALIZAÇÃO

5.1. DIMENSIONAMENTO

De acordo com o RST, cada tipo de sinal tem a possibilidade de mais do que um tipo de dimensão, sendo que no meio urbano estas dimensões devem respeitar os conceitos de homogeneidade e uniformidade. De acordo com esses conceitos, a sinalização escolhida para fazer parte do meio viário, devem ser adotados sempre as mesmas dimensões.

A sinalização existente, designada como sinalização “de código”, podem aparecer com quatro dimensões distintas:

- Grande (115 cm no caso geral, 130 cm para os sinais H24 a H26, H38 e H39);
- Normal de 90 cm (100 cm para os sinais H24 a H26, H38 e H39);
- Normal de 70 cm;
- Reduzida (60 cm).

A dimensão nominal correspondente, excluindo os sinais de forma losango, à largura ocupada pelo sinal excluído a orla exterior.

De acordo com o Manual do Planeamento de Acessibilidades e Transportes, no quadro 20 (Características dimensionais dos sinais “de código”), pode-se verificar a dimensão de vários tipos de sinais.

Esquema	Dimensões (cm)				
	Reduzido	Normal	Grande		
	L	600,0	700,0	900,0	1150,0
	Oe	10,0	20,0	20,0	50,0
	Oi	50,0	58,3	75,0	95,8
	Ri	42,9	50,0	64,3	82,1
	L	600,0	700,0	900,0	1150,0
	Oe	10,0	20,0	20,0	50,0
	A	200,0	233,3	300,0	383,3

Diagrama	Dimensão	Reduzido	Normal	Grande	
		L	600,0	700,0	900,0
	Oe	10,0	20,0	20,0	50,0
	A	100,0	116,7	150,0	191,7
	B	500,0	583,3	750,0	958,3
	L	600,0	700,0	900,0	1150,0
	Oe	10,0	20,0	20,0	50,0
	Oi	60,0	70,0	90,0	115,0
	To	50,0	58,3	75,0	95,8

Figura 8 - Exemplo de dimensionamento de sinais

A escolha da dimensão do sinal, em meio urbano, rural ou vias reservadas, baseia-se sempre no regime de circulação da via, do tipo de via, largura da faixa e largura do local onde este é colocado (passeios no meio urbano).

Deste modo, a dimensão nominal dos sinais de trânsito, deve respeitar as seguintes indicações:

- Grande
 - Autoestradas e vias reservadas a automóveis e motociclos com duas faixas de rodagem;
- Normal de 90 cm
 - Estradas com duas faixas de rodagem que não se incluam na alínea a);
 - Estradas de faixa de rodagem única de largura superior a 6,0 m;
 - Ramos de nós e vias de abrandamento e aceleração.
- Normal de 70 cm

- o Estradas de faixa de rodagem única de largura igual ou inferior a 6.0 m;
- o Todos os arruamentos urbanos;
- o Ramos de nós e vias de abrandamento e aceleração.
- Reduzida (60 cm)
 - o Só podem ser utilizados sinais com esta dimensão quando as condições de localização não permitam o emprego de dimensão normal.

5.2. POSICIONAMENTO NA VIA

5.2.1. COLOCAÇÃO TRANSVERSAL

Os sinais verticais “de código” são colocados do lado direito ou por cima da via, no sentido de circulação de trânsito.

A sinalização colocada no lado esquerdo da via, apenas é válida quando existe a sua repetição do lado direito, excluindo os sinais de fim de zona.

A colocação da sinalização, na zona urbana, deve normalmente ficar a uma distância de 0.50 m, medido entre a extremidade do sinal mais próxima da faixa de rodagem e a vertical do limite da faixa.

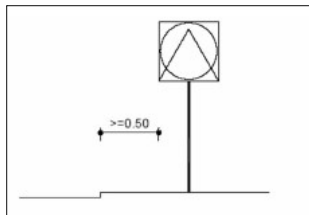


Figura 9 - Colocação da sinalização em zona urbana

Em vias de sentido único, os sinais de perigo devem ser geralmente repetidos do lado esquerdo, sendo o sinal “proibido ultrapassar” ser sempre repetido do lado esquerdo da faixa de rodagem.

Existe a necessidade de fazer uma devida orientação dos sinais, para ser mais facilmente reconhecido pelos utentes.



Figura 12 - Localização de sinalização

Existe o numero máximo de sinais por suporte, sendo este de dois sinais. A exceção a regra são os sinais de direção e o sinal de “Estacionamento autorizado” que podem ser complementados por painéis até ao máximo de quatro.

Nas setas de direção, não deve conter mais do que quatro indicações, sendo esteticamente errado e de percepção difícil caso tenha mais. Nestes casos deve ser colocado uma ordem nas setas, sendo colocadas as que apontam para a esquerda e seguidamente as para a direita, no sentido de cima pra baixo.

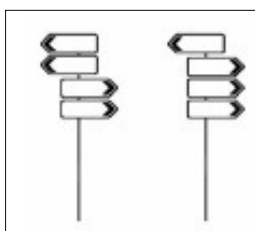


Figura 13 - Exemplo de sinais de direção

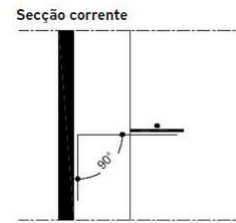


Figura 10 - Orientação dos sinais

5.2.2. COLOCAÇÃO VERTICAL

A altura desde o bordo inferior do sinal até ao ponto mais alto do pavimento é o valor mínimo que deve ser utilizado na colocação da sinalização, apenas em casos extremos de impossibilidade, devemos optar por uma colocação de alturas uniformes.

A altura da sinalização deve respeitar, as seguintes condições:

- Fora das localidades – 1.50 m;
- Dentro de localidades ou quando a sua localização se encontra em cruzamentos, entroncamentos ou rotundas, sobre passeios ou vias destinadas a peões – ≥ 2.20 m;
- Sinais colocados sobre a via – ≥ 5.50 m.

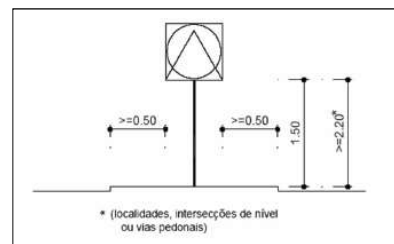


Figura 11 - Localização de sinalização

Em meios urbanos, usualmente podemos observar até 6 setas de indicação, sendo que existe uma ordem de colocação, nomeadamente primeiro o sentido em frente, à esquerda e no final à direita, caso seja feita a ordem segundo a direção.

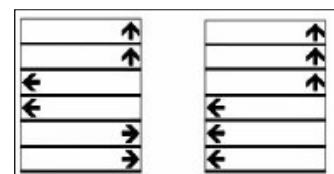


Figura 14 - Sinalização de indicação

5.2.3. COLOCAÇÃO LONGITUDINAL

A localização longitudinal implica regras para cada espécie de sinais, sendo os sinais de perigo os mais condicionados na sua colocação. Estes como sinal de pré-aviso, devem ser colocados entre uma distância de 150 m a 300 m.

A sinalização de perigo cumpre uma distância de acordo com a velocidade praticada na via, sendo:

- Velocidade de 60-90 km/h – distância a utilizar 150 – 200 m;
- Velocidade de 90 - 110 km/h – distância a utilizar 200 - 250m;
- Velocidade de 110 - 130 km/h – distância a utilizar 250 - 300 m.

De acordo com o Manual do Planeamento de Acessibilidades e Transportes, existe um conjunto de distâncias, para um grupo específico de sinais de trânsito.

6. MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO

A manutenção e conservação da sinalização de trânsito já colocada e existente no âmbito urbano consiste em prolongar a durabilidade da mesma. O conceito de durabilidade é relembado em todas as áreas de construção existente, existindo a preocupação de dimensionamento para um certo período de vida útil da estrutura.

Sendo uma parte da orçamentação de projetos de vias de comunicação está destinado à sinalização horizontal e vertical, o aspeto de durabilidade deve ser considerado quando se aplica um sinal de trânsito. O exemplo de uma via que tem destinado um período de vida útil, com manutenção mínima de 50 anos, esta manutenção mínima deve ser refletida em toda a extensão e em todo o conjunto que constitui a via.

Apesar da sinalização horizontal ser a mais afetada pelo desgaste, podendo existir o desaparecimento das marcas e o não correto funcionamento, principalmente de refletância.

A sinalização vertical ao longo do seu período de vida útil é sujeita a variações constantes de fenómenos naturais e em casos extremos de vandalismo.

Na zona urbana, em estudo, existe evidente sinal de deterioração e vandalismo em sinalização existente. É, por isso, necessário determinar um período de tempo, onde seja feita a verificação, manutenção e conservação da sinalização existente, e caso já não exista, efetuar a sua reposição.

7.2. RUA MARECHAL GOMES DA COSTA

7.2.1. DESCRIÇÃO

O arruamento fornece uma ligação direta da Rua dos Bombeiros Voluntários à Rua Dr. António da Costa Dias com proveniente ligação ao parque de estacionamento da Câmara Municipal de Tondela.

O arruamento na sua extensão tem capacidade para estacionamento de um dos lados, nomeadamente do seu lado direito de circulação, sendo esta via apenas de sentido único, com essa indicação no início da via.

A via, a meio da sua extensão tem um cruzamento no sentido direito, indo este para uma urbanização que nunca fora completo e com uma ligação ilegal à Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa.

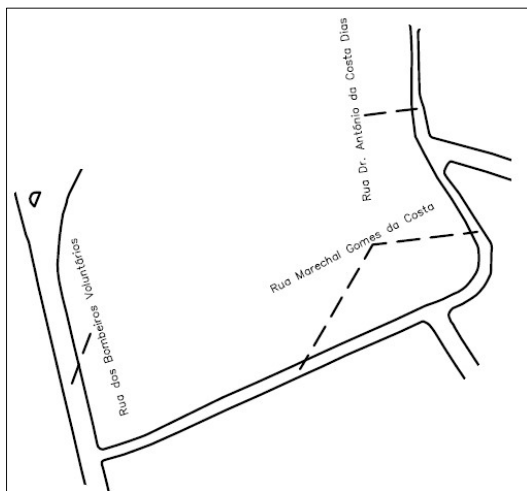


Figura 16 - Enquadramento do arruamento

7. ALTERAÇÕES PROPOSTAS

7.1. ENQUADRAMENTO

O estruturamento do documento é criado como introdução ao aspeto importante referido neste ponto numero sete. Este capítulo descreve a zona analisada e as propostas de alteração possíveis existentes.

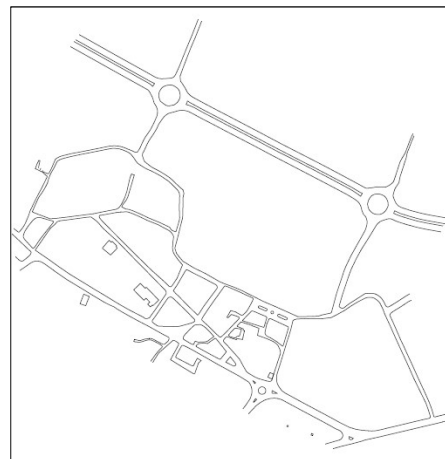


Figura 15 - Zona em Estudo

As propostas de alteração possíveis existentes, inclui as reparações, alterações, substituições e remoção da sinalização e alteração de aspetos relacionado com sentidos de circulação ou delimitação para os peões.

Mesmo que não seja referenciado, toda a sinalização existente deve ser inspecionada visualmente para não deixar visível dados que comprometam o seu correto funcionamento.

7.2.2. PROPOSTA 1

Como indicado no ultimo paragrafo da descrição, na zona do arruamento onde existe o cruzamento não existe qualquer tipo de sinalização que indique o mesmo.

Seria necessário a colocação de um sinal com a indicação de cruzamento na via principal, sendo este o sinal de "Entroncamento com via sem prioridade", e na via que segue no sentido direito é necessária uma indicação de uma sinalização informando os condutores de "Via pública sem saída".



Figura 17 - Sinalização a ser adotada

Na saída da via referida existe uma sinalização de "Sentido Obrigatório", sendo necessário na berma direita a colocação de um sinal de "Cedência de Passagem".



Figura 18 - Sinalização a ser adotada

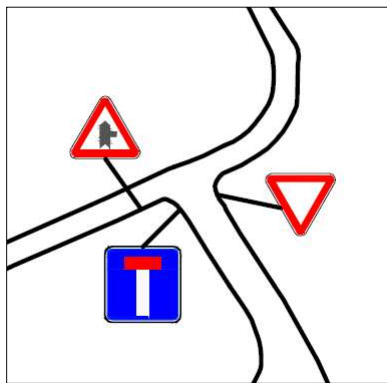


Figura 19 - Esquema de sinalização a adotar

Mesmo existindo a sinalização de sentido obrigatório, esta necessita de ter uma manutenção, devido a começar a estar obstruída pela vegetação existente.



Figura 20 - Sinalização Obstruída



Figura 22 - Delimitação existente

Esta proposta, sendo que a sinalização existente está consistente, pode-se referir a retirada de um dos sinais de "código" existente a meia extensão da via, sendo que existe a sua repetição. É necessário a manutenção do sinal existente no início da via, pois visivelmente não está colocado com a altura devida.

No início da via, deve ser considerado a colocação de um sinal de "Indicação de Sentido Único".



H3 - Trânsito de sentido único

Figura 23 - Sinalização proposta

7.3. RUA DR. SIMÕES DE CARVALHO

7.3.1. DESCRIÇÃO

O arruamento de sentido único que faz a ligação entre a rotunda junto a igreja matriz de Tondela e o Largo da República (Câmara Municipal de Tondela), tem na sua extensão aproximadamente 80 metros, com acesso para a Travessa do Clube, Museu Terras de Besteiros e a alguns edifícios de comércio e serviço.

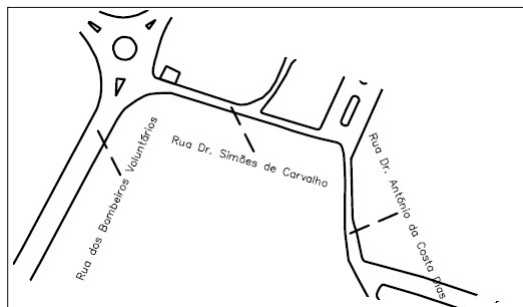


Figura 21 - Enquadramento do arruamento

7.3.2. PROPOSTA 1

A via, sendo de largura acessível para passar dois veículos, um pelo outro, possibilita aos peões que nesta circulam andar livremente, mas devido ao estacionamento não permitido, mas muitas das vezes executado pelos condutores, incumprindo na sinalização existente, deixa os peões a circular no meio da faixa de rodagem, sendo que por muitas vezes os condutores têm que parar para os peões circularem. A primeira proposta de remodelação, será a colocação de delimitadores de faixa de rodagem, existente noutras zonas da cidade, para segurança dos peões e impossibilitando o estacionamento.

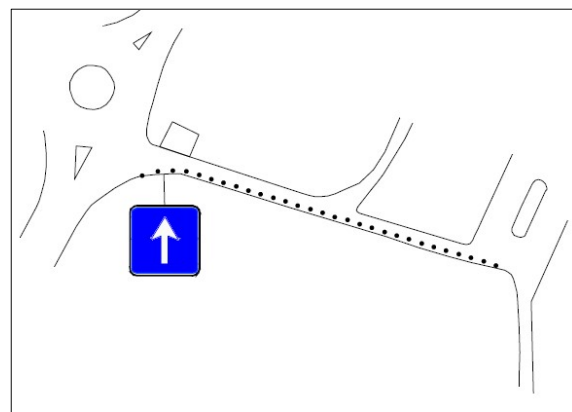


Figura 24 - Esquema de alteração proposta

7.3.3. PROPOSTA 2

Sendo este arruamento na sua extensão tem duas sinaléticas de "Proibido Estacionar", onde se pode verificar, que são completamente desrespeitados pelos condutores, não obstruindo a circulação dos condutores. Por vezes pode-se mesmo assistir a falta de segurança para os peões, mas devido ao baixo tráfego existente na via, não é uma situação crítica.



Figura 25 – Desrespeito à sinalização existente

A segunda proposta considerada, é a permissão de estacionar neste arruamento, pois devido a largura existente, existe a possibilidade de colocação de estacionamento junto aos edifícios do lado direito de circulação.

Sendo este o caso é necessário a remoção de ambos os sinais de trânsito existentes na via de "Proibido Estacionar" e a possível colocação de um sinal indicador de perigo indicando a existência de peões na via.



A16b – Travessia de peões

Figura 26 - Sinalização proposta

7.4. TRAVESSA DO CLUBE

7.4.1. DESCRIÇÃO

Este pequeno percurso, paralelo ao Largo da República tem uma largura extremamente reduzida, onde existe apenas um sentido de circulação, mesmo que não esteja implícito em qualquer tipo de sinalização (sinalização em falta).

Esta travessa apenas é utilizada, frequentemente, para estacionamento dos moradores, nos seus extremos, e por vezes na sua extensão.

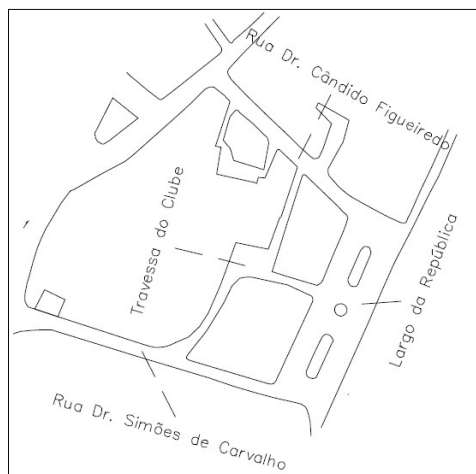


Figura 29 – Enquadramento do arruamento

7.4.2. PROPOSTA 1

Devido há utilização da via, esta deve ser reservada apenas ao uso dos moradores desta travessa, sendo necessário a colocação de sinalização no início e no fim da mesma.

No início da via deve, também, ser considerado a colocação de um sinal de informação, para todos os condutores, indicando sentido único.



H3 – Trânsito de sentido único

Figura 27 - Sinalização a ser adotada

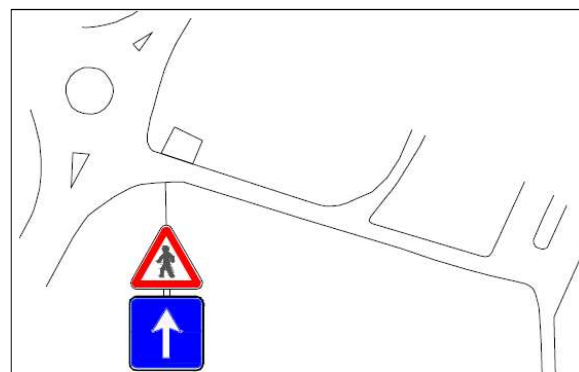


Figura 28 - Esquema de sinalização adotada

No início da via deve ser colocada uma sinalização de "Trânsito de Sentido Único" com a fixação de um painel adicional de "Indicadores de aplicação", idêntico ao modelo 10a ou 10b, apenas indicando "Apenas Moradores".

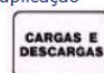


H3 – Trânsito de sentido único

Indicadores de aplicação



Modelo 10a



Modelo 10b

Figura 30 - Sinalização a ser adotada

No final desta via, deve ser visível a utilização de um sinal de "Sentido Obrigatório", sendo a via onde se insere, de sentido único. Na parte posterior deste suporte, deve ser visível, para que circula na Rua Dr. Cândido Figueiredo, de "Sentido Proibido".



D1d – Sentido obrigatório



C1 – Sentido proibido

Figura 31 - Sinalização a ser adotada

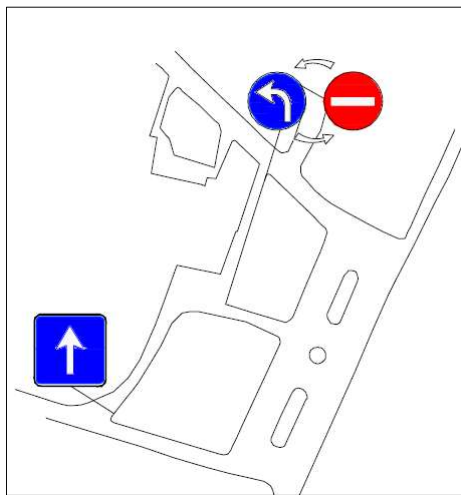


Figura 32 - Modelo de sinalização a adotar

7.4.3. PROPOSTA 2

Esta alternativa, sendo mais simples de execução, mas impossibilitando a circulação nesta travessa, visto não existir tráfego visível, não causando nenhum problema para o circuito normal dos condutores.

A proposta consiste no encerramento desta travessa, apenas possibilitando o estacionamento de um veículo no início e m no final da via.

Sendo este o caso adotado, apenas é necessário a colocação de um sinal de "Sentido Proibido" em ambas as extremidades da via, juntamente com a delimitação da via.



C1 - Sentido proibido



Figura 33 - Sinalização a adotar e delimitação utilizada

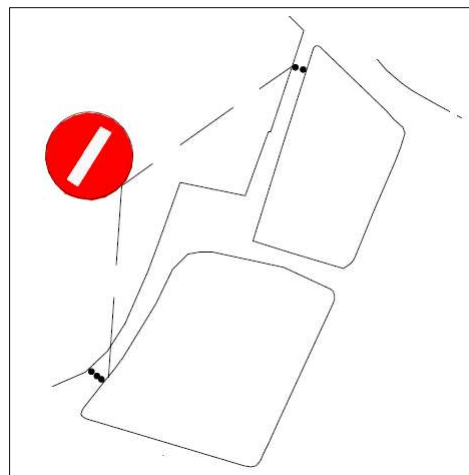


Figura 34 - Esquema de proposta adotada

7.5. LARGO DA REPÚBLICA

7.5.1. DESCRIÇÃO

O arruamento, designado por Largo da República, faz a ligação da cidade à Câmara Municipal de Tondela e todos os seus serviços integrados. O arruamento de extensão reduzida, conta com tráfego automóvel nos dois sentidos, sendo que a circulação de peões tem a área reservada, não existindo conflitos. Apesar de existir circulação nos dois sentidos a passagem de um veículo pelo outro é apenas realizada com a redução drástica de velocidades, e caso se trate de um veículo comercial de largura superior esta passagem esta sujeita ao recuar de um dos veículos.

No ponto inicial, de cada sentido da via, existe sinalização com indicação de sinalização de cedência de passagem e prioridade.



Figura 36 - Existência de sinalização

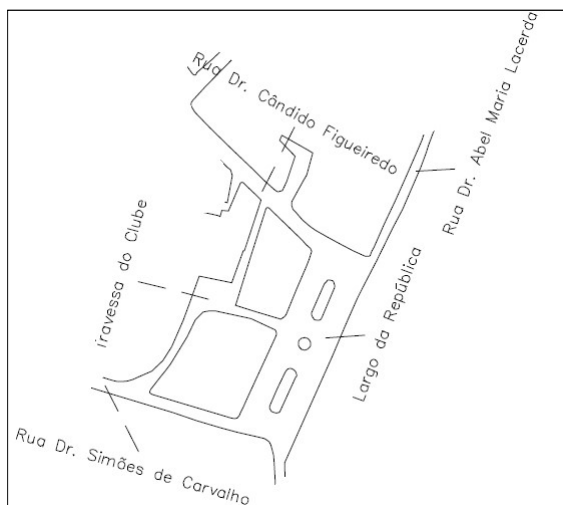


Figura 35 - Enquadramento do arruamento

7.5.2. PROPOSTA 1

O utente, especialmente aquele que tenha algumas dificuldades na compreensão da sinalização (condutores com habilitações para conduzir há bastantes anos), compreende a sinalização do lado direito, como sendo um sinal de proibição que impede a circulação (seta vermelha). Apesar de ser esta a primeira ideia que o condutor possa ter, o sinal significa "cedência de passagem nos estreitamentos da faixa de rodagem".

Como referido, a sinalização vertical utilizada no meio urbano deve ser simples de compreensão, sendo que a sinalização existente neste arruamento, ser unificada, isto é, ser estes dois iguais.



B6 – Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem

Figura 37 - Sinalização a ser adotada

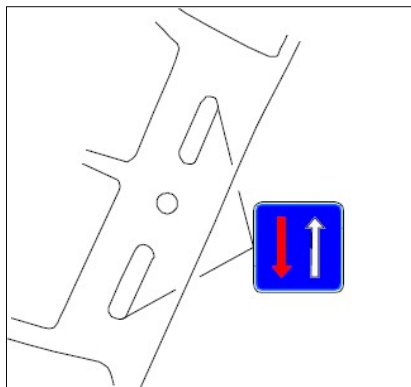


Figura 38 - Modelo proposto de sinalização



Figura 40 - Desrespeito à sinalização existente

7.6.2. PROPOSTA 1

Apesar de ser uma via sem grande circulação (máximo de 3 carros por hora, observáveis excluindo hora entrada e saída do expediente da Câmara Municipal de Tondela), está condicionada a apenas um sentido de circulação, sendo um dilema para quem circula na Rua Fonte do Outeiro e um problema para quem pretende descer pela Rua Marechal Gomes da Costa e circular em direção ao centro da cidade.

Devido a grande dilema de sair de uma rotunda e percorrer poucos metros e ser obrigado a se dirigir a um parque de estacionamento, sem opção de escolha.

Devido às situações indicadas anteriormente, a via deve ser considerada de dois sentidos, para existir a livre circulação de acesso da variante exterior à cidade para o centro da cidade, sem ter que percorrer uma extensão extra. Se for considerado a circulação nos dois sentidos, deve como no arruamento anterior, ser considerado no início da via uma sinalização de "Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem".

7.6. RUA DR. ANTÓNIO DA COSTA DIAS

7.6.1. DESCRIÇÃO

A rua indicada, faz a ligação entre o Largo da República (Câmara Municipal de Tondela) ao parque de estacionamento do mesmo, com largura e comprimento reduzido.

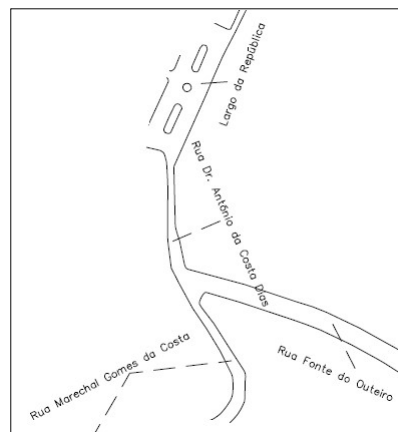


Figura 39 - Enquadramento do arruamento

Na sua extensão existe a possibilidade de observar o Solar dos Horta e a Fonte do Outeiro, zonas de atração turística do concelho, onde existe posicionado um sinal de "Proibido Estacionar", mas, no entanto, a situação visível, não se verifica, sendo que junto à fonte existe sempre veículos estacionados.



B6 – Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem

Figura 41 - Sinalização a ser adotada

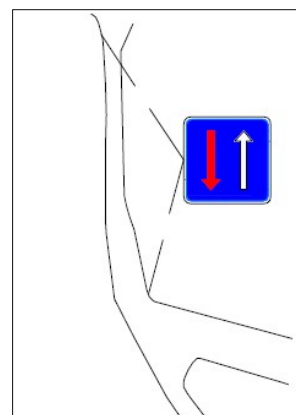


Figura 42 - Esquema de sinalização a adotar

7.7. RUA DR. CÂNDIDO FIGUEIREDO

7.7.1. DESCRIÇÃO

O arruamento descrito faz a ligação entre o Largo da República e a Avenida Dr. António José de Almeida, sendo constituída apenas por um sentido de circulação, sendo apenas possível circular a partir do largo da Câmara Municipal de Tondela em direção à Avenida Dr. António José de Almeida e posterior ligação à ex. N2 (Rua Tomaz Ribeiro).

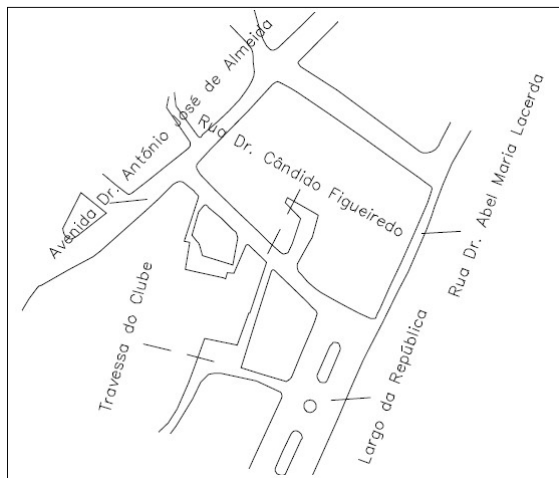


Figura 43 - Enquadramento do arruamento

A via apresenta uma largura suficiente para comportar estacionamento, sendo que a sinalização apenas o permite durante 15 minutos, existindo sempre condutores deixam os seus veículos por períodos de tempo mais longos.

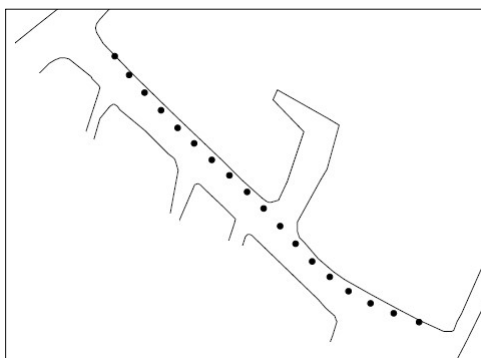


Figura 45 - Esquema de alteração a adotar

7.7.3. PROPOSTA 2

A segunda proposta considerada, idêntica a via paralela é a permissão de estacionar neste arruamento, retirando a placa adicional que indica o tempo limite de estacionamento, pois devido a largura existente, existe a possibilidade de colocação de estacionamento junto aos edifícios do lado direito de circulação.

Sendo este o caso é necessário a remoção de ambos os sinais de trânsito existentes na via de "Proibido Estacionar", posicionados no início e no final da via, e a possível colocação de um sinal indicador de perigo indicando a existência de peões na via.

No início da via deve, também, ser considerado a colocação de um sinal de informação, para todos os condutores, indicando sentido único.



Figura 44 - Parqueamento não autorizado

7.7.2. PROPOSTA 1

Similar à Rua Dr. Simoes de Carvalho, a via é caracterizada por uma largura média para a passagem de um veículo pelo outro, mas devido ao estacionamento permitido (apenas de 15 minutos), mas muitas das vezes executado pelos condutores por tempos superiores, incumprindo na sinalização existente, deixa os peões a circular no meio da faixa de rodagem, sendo que por muitas vezes os condutores têm que parar para os peões circularem.

A primeira proposta de remodelação, idêntica a rua paralela, será a colocação de delimitadores de faixa de rodagem, existente noutras zonas da cidade, para segurança dos peões e impossibilitando o estacionamento.

Com a adoção desta sinalização existe a necessidade da retirada da sinalização existente com proibição de estacionamento (por períodos superiores a 15 minutos).

No início da via, deve ser considerado a colocação de um sinal de "Indicação de Sentido Único".



H3 - Trânsito de sentido único

Figura 46 - Sinalização a ser adotada

7.7.4. PROPOSTA 3

O arruamento consta no seu final, de uma sinalização de "Sentido obrigatório" e nas costas "Sentido Proibido" no mesmo suporte, que devido a degradação ao longo dos anos e dos efeitos meteorológicos, estas placas de sinalização encontram-se num estado de visibilidade noturna nula e durante o dia, apenas se notam já bastante perto.

Estes dois sinais necessitam de substituição rápida, sendo da cidade, os sinais que aparentam mais degradação. Caso não seja feita substituição dos mesmos, estes podem ser reparados, sendo necessário uma camada protetora para oxidação (placas em ferro) e a colocação de listras refletoras para ser visível da parte noturna.



Figura 47 - Sinalização degradada

7.8. RUA DR. ABEL MARIA LACERDA

7.8.1. ENQUADRAMENTO

O arruamento referido no documento, com aproximadamente 320 metros de extensão, tem um conjunto de cruzamentos. É utilizado este conjunto de cruzamentos para dividir este arruamento em 6 troços distintos, onde cada secção é abordada, descrita e apresentada uma proposta.

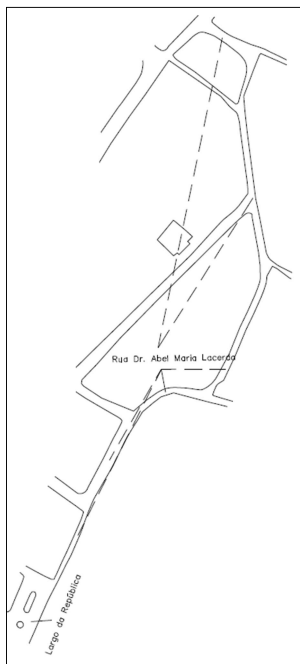


Figura 48 - Enquadramento do arruamento

A secção 1, esta compreendida entre o Largo da República e a rua dos Combatentes da Grande Guerra, a secção 2 compreendida entre a anterior e a rua Anibal Figueiredo, a secção 3 entre esta última e o início da rua da Fonte Nova, sendo a secção 4 entre esta última e o cruzamento com a avenida Dr. António José de Almeida, sendo a penúltima secção entre esta última e a ligação à rua do Casal. A sexta e última secção está compreendida entre a última e a Ex. N2.

A secção 1, via unicamente de um sentido, sendo possível a circulação no sentido oposto apenas para veículos da RSU. Via de reduzida largura, sendo eficiente apenas a circulação em um sentido e a proibição do estacionamento.

A secção 2, sendo de sentido único, mas oposto ao da secção 1, conta com uma largura mais elevada, sendo possível o estacionamento do lado esquerdo da circulação. Esta secção além de ser proibido o estacionamento do lado direito, por vezes é visível veículos neste lado de circulação.

A secção nº3, consta com circulação nos dois sentidos, sendo uma secção de reduzida secção, sem qualquer tipo de sinalização e com uma curva de raio apertado.

A secção nº4, apenas com um sentido de circulação, utilizado especialmente por moradores deste arruamento, por vezes consta com estacionamento na via, reduzindo deveras a sua largura.

A secção nº5, continuação da anterior com apenas um sentido, com possível estacionamento do lado direito de circulação.

A ultima secção (6ª secção) desta via é de largura aceitável, mas com os moradores a fazerem uso da mesma para colocação de estacionamento dos dois lados de circulação.

7.8.2. PROPOSTA 1

A proposta apresentada, compreende a colocação de sinalização inexistente na via. Sendo assim na secção 1, apenas deveria ser informado ao condutor na entrada, que esta a circular numa via de sentido único, sendo que a proibição de estacionamento está corretamente assinalada. Corretamente, no sentido oposto, já existe a sinalização de "Sentido Proibido".



H3 - Trânsito de sentido único

Figura 49 - Sinalização a ser adotada

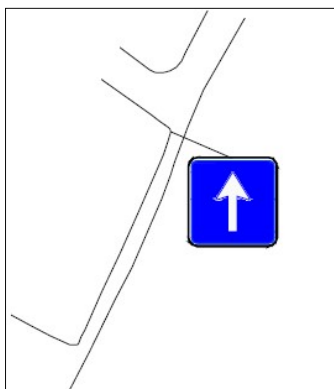


Figura 50 - Esquema de sinalização a adotar

7.8.3. PROPOSTA 2

A segunda proposta prende-se à secção nº2, onde se pode ter em atenção a manutenção da sinalização existente, sendo que existe sinalização com orientação para paredes de casas.



Figura 51 - Orientação errada da sinalização

Além desta situação, por vezes é de possível visualização, estacionamento do lado direito, onde este lado poderia ser delimitado para livre circulação dos peões, oferecendo uma maior segurança aos mesmos.

7.8.4. PROPOSTA 3

A secção três, como descrito no enquadramento desta via, é uma secção de reduzida largura, mas com os dois sentidos de circulação. Sendo que não consta de qualquer tipo de sinalização, esta deveria ter um sinal de "Paragem e estacionamento proibido" em cada lado de circulação.

Além desta sinalização, deveria, no entanto, uma sinalização de trânsito indicando a informação de "Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem"



C16 - Paragem e estacionamento proibidos



B6 - Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem

Figura 52 - Sinalização a adotar

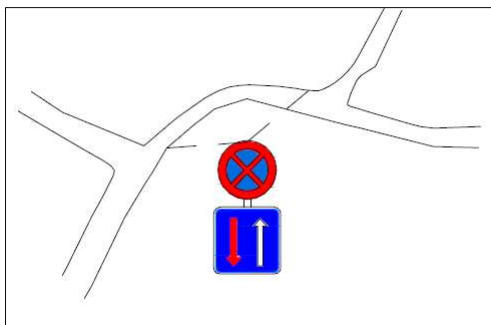


Figura 53 - Enquadramento da sinalização proposta

7.8.5. PROPOSTA 4

A secção 4 desta via, não apresenta nenhum tipo de preocupação devido a utilização apenas dos moradores da via, sendo que tendo apenas um sentido de circulação e com algum estacionamento, não existe dificuldade na passagem de um veículo pelo outro, devido às baixas velocidades praticadas nesta secção.

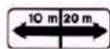
Apenas deveria ser colocado um sinal de trânsito identificando apenas um sentido de circulação.

7.8.6. PROPOSTA 5

A proposta referida, reflete-se na continuação da via com um cruzamento, sendo que neste ponto de inserção de tráfego deveria existir a indicação de "proibido estacionar" na proximidade do cruzamento em face há facilitação da inserção dos veículos na via.



C15 - Estacionamento proibido



Modelo 5

Figura 56 - Sinalização a ser adotada

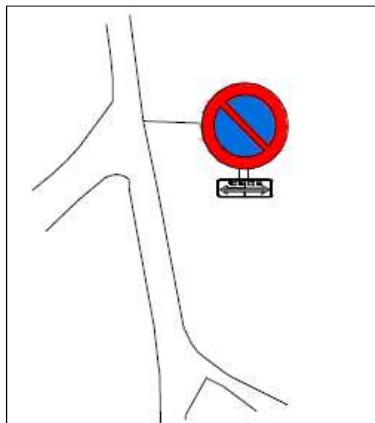


Figura 57 - Enquadramento da sinalização proposta



H3 - Trânsito de sentido único

Figura 54 - Sinalização a adotar

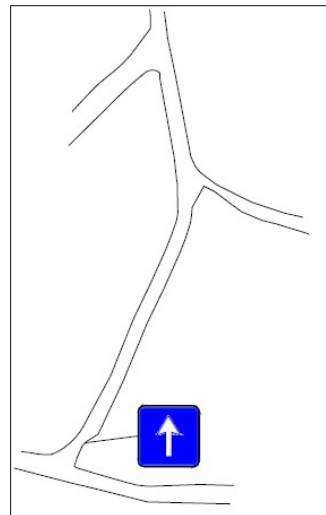


Figura 55 - Enquadramento da sinalização proposta

7.8.7. PROPOSTA 6

Esta secção é uma peça fundamental da via, pois faz a sua ligação com a ex. N2 e com a Rua do Casal.

Esta secção tem uma largura de via bastante aceitável, considerando que se divide em duas vias. Existe, no entanto, um aproveitamento desta largura total, para estacionamento dos dois sentidos de tráfego, sendo que a via fica com largura mínima para passagem de um veículo pelo outro.

Devido a existência de parques privados na zona indicada, o estacionamento deveria ser considerado proibido nesta secção.

Outro dos problemas visíveis, é a possibilidade de poder circular na secção 5 da via em sentido contrario pelo menos 10 metros até encontrar a Travessa da Paz. Sendo que não existe tráfego automóvel nesta Travessa, este sinal existente deveria ser removido.



Figura 58 - Sinalização a ser removida

Existe, corretamente no início da secção, uma sinalização com proibido estacionar e com a proibição de circulação a veículos com mais de 2 metros de largura, mas esta está com um nível de degradação elevado. Estes dois sinais de trânsito deveriam ser substituídos.



Figura 59 - Sinalização a ser substituída

7.9. TRAVESSA DA PAZ

7.9.1. ENQUADRAMENTO

A Travessa da Paz utilizada unicamente para passagem de peões, sendo que numa das extremidades não tem lancil arredondado, impossibilitando galgamento dos veículos para a circulação. Não existe sinalização que impeça a circulação nesta Travessa.

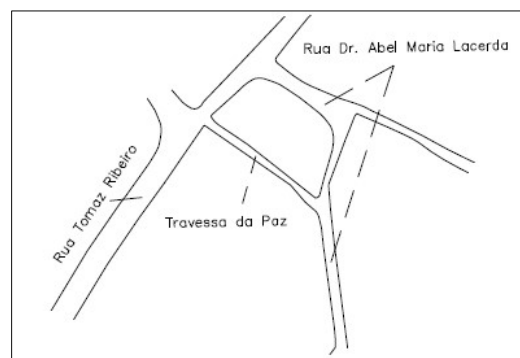


Figura 60 - Enquadramento do arruamento

7.9.2. PROPOSTA 1

Devido a largura bastante reduzida da Travessa e há já não circulação de veículos na mesma, esta deveria ser delimitada nas suas extremidades, para não existir qualquer tipo de tentativa de circulação ou estacionamento na via.

No entanto existe a necessidade de colocar, nas extremidades, um sinal de trânsito indicando "Trânsito Proibido".



Figura 61 - Delimitação a ser adotada



C1 - Sentido proibido

Figura 62 - Sinalização a ser adotada

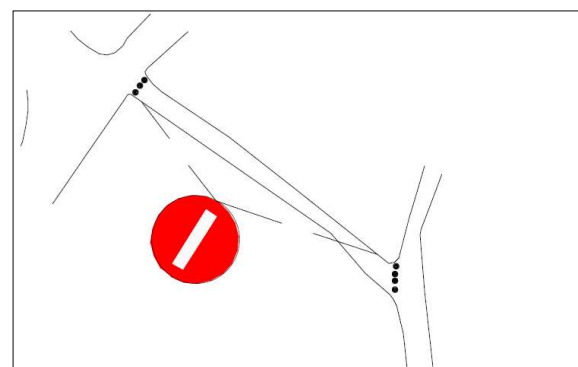


Figura 63 - Enquadramento das alterações propostas

7.10. RUA DOS COMBATENTES DA GRANDE GUERRA

7.10.1. ENQUADRAMENTO

O arruamento referido, de reduzida extensão, faz a ligação da Avenida Dr. António José de Almeida há Rua Dr. Abel Maria Lacerda.

Este arruamento consta uma ligação ao mercado Municipal e a vários serviços e comércios existentes na extensão do arruamento. Sendo um arruamento com uma largura bastante aceitável, dispõem de passeio dos dois lados do arruamento e com a possibilidade de estacionamento do lado esquerdo de circulação.

Corretamente esta via dispõem do lado direito de circulação um sinal de "Proibido Estacionar".

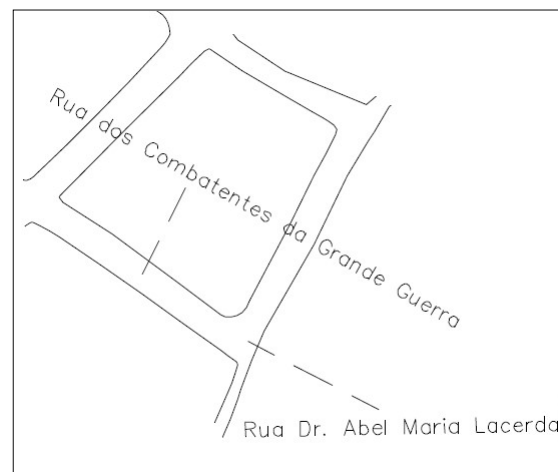
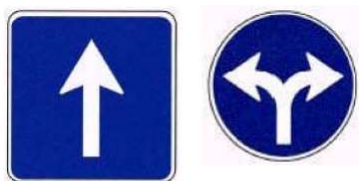


Figura 64 - Enquadramento do arruamento

7.10.2. PROPOSTA 1

O arruamento esta equipado com alguma sinalização, corretamente colocada. No entanto, necessita nas extremidades de indicações ao condutor que estão implícitas para os moradores, mas desconhecidas para condutores que estejam de passagem na cidade.

A via deve contemplar no seu início a informação que se trata de uma circulação em "Sentido Único" e no seu termino um sinal de trânsito de "Sentidos obrigatórios possíveis".



H3 - Trânsito de sentido único

D2c - Sentidos obrigatórios possíveis

Figura 65 - Sinalização a adotar

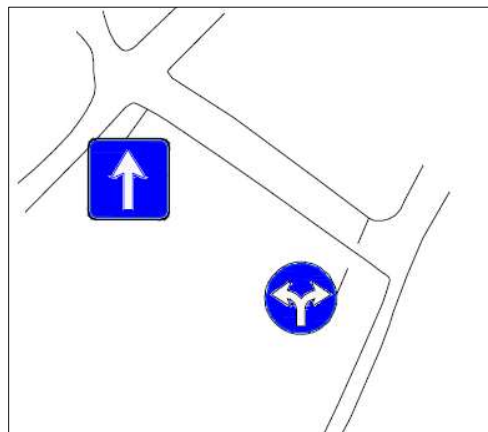


Figura 66 - Enquadramento de sinalização a adotar

7.11. AVENIDA DR. ANTÓNIO JOSÉ DE ALMEIDA

7.11.1. ENQUADRAMENTO

A avenida referida é um meio de comunicação bastante importante no centro da cidade, pois encaminha os condutores desde a ex. N2 (Rua Tomaz Ribeiro) para o centro da cidade, encaminhando para a Praça do Comércio, a Rua dos Combatentes da Grande Guerra, a Rua Aníbal Figueiredo e á Rua Dr. Abel Maria Lacerda.

Este arruamento tem na sua extensão a ligação a um parque de estacionamento, com um numero de lugares de estacionamento razoável, a vários serviços e a outras vias que possibilitam o atravessamento da cidade sem o seu contorno.

Esta avenida é dividida em 3 partes importantes, onde cada necessita de ser referida separadamente. Mesmo sendo dividido em três partes, a via no seu conjunto todo é de sentido único.

A primeira liga a ex. N2 á Praça do Comércio, tendo na sua extensão um cruzamento de inserção de tráfego com prioridade. Esta secção dispõe de passeio para os peões circular e de estacionamento delimitado para veículos do lado direito de circulação, até ao cruzamento indicado. Jusante desse cruzamento existe a incontinuidade de passeio, algo que volta a aparecer nas ruas a jusante e a inexistência de parque autorizado, mas com os condutores a colocarem os veículos estacionados no local.

A 2ª secção esta dividido entre a Praça do Comércio e a Rua Aníbal Figueiredo, sendo uma via que fora reestruturada recentemente, mas incorretamente removida alguma sinalização que estava equipada.

A ultima secção compreende-se entre a Rua Aníbal Figueiredo e a Rua Dr. Abel Maria Lacerda. A secção em causa tem passeio delimitado do arruamento dos dois lados de circulação, sendo uma mais valia de segurança para os peões que nela circulam. A secção dispõe ainda de estacionamento do lado esquerdo de circulação.

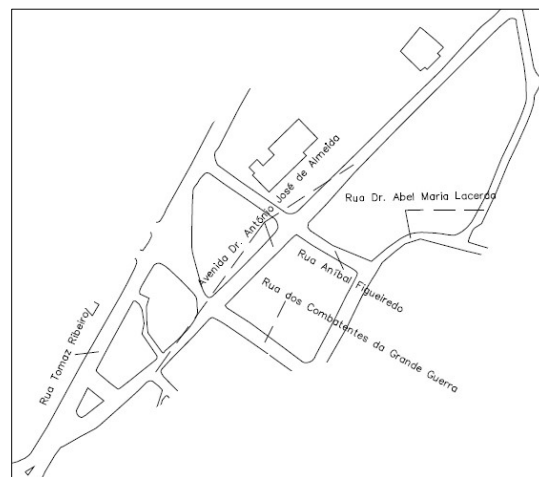


Figura 67 - Enquadramento do arruamento

7.11.2. PROPOSTA 1

Como apresentado na descrição, a 1ª secção em estudo apresenta uma condicionante de incontinuidade de passeio para os peões e com a inserção de tráfego com prioridade na via, sendo um cruzamento do lado direito sem sinalização.

A proposta seria a eliminação de parque de estacionamento a jusante do cruzamento, para poder existir a continuidade de passeio para os peões e a colocação de um sinal de "Cedência de Passagem" no termino da Rua Dr. Cândido Figueiredo e posterior colocação no inicio da secção de um sinal de trânsito indicando "Sentido Único" e "Via com Prioridade".



Figura 68 - Sinalização a ser adotada

A delimitação a ser utilizada neste caso, como nos casos anteriores, deve ser realizada através de delimitador, como existe a montante e a jusante do local onde deve ser colocada.



Figura 69 - Delimitador a ser utilizado

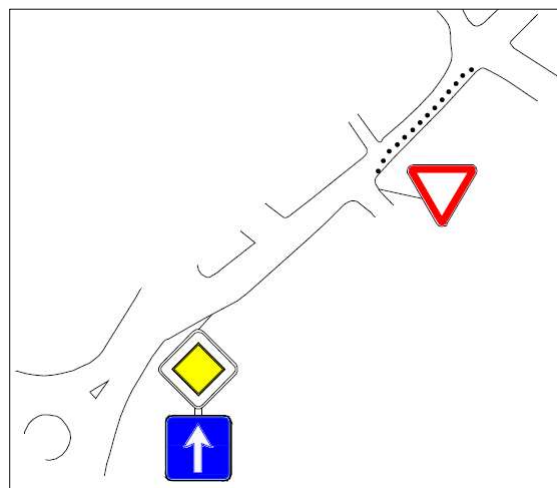


Figura 70 - Enquadramento da sinalização proposta

7.11.3. PROPOSTA 2

A 2ª proposta é referente há 2ª secção, onde devido a obras de requalificação foram removidos alguns sinais de trânsito que esta secção estava dotada.

A sinalização que, esta deveria estar dotado, são a indicação de "Sentido Único" no seu início e no seu termino deve conter um sinal de trânsito de "Sentidos Obrigatórios Possíveis".

Sendo que existe a indicação de via com prioridade no início da via é necessário a colocação de "Cedência de Passagem" na rua Aníbal Figueiredo, pois existe um cruzamento com prioridade pela direita.



Figura 71 - Sinalização a adotar

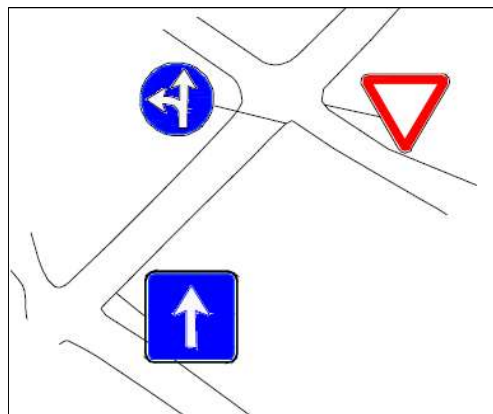


Figura 72 - Enquadramento da sinalização adotada

Na parte jusante, junto a rua Dr. Abel Maria Lacerda, esta secção conta com sinalização de "Sentido Proibido", mas sem a direção, sendo que devido à colocação e possível rotação da placa, esta aponta na continuidade da rua Dr. Abel Maria Lacerda.



Figura 73 - Sinalização existente

A placa existente deve sofrer a rotação para ficar no sentido perpendicular à via referente. No entanto para quem segue na Avenida Dr. António José de Almeida, existe a necessidade de colocação de "Fim de via com prioridade" e a indicação de obrigação de "Sentido Obrigatório".

7.11.4. PROPOSTA 3

A última proposta desta via, refere-se à secção nº3 da mesma. Esta secção de sentido único no seu início não tem qualquer tipo de identificação dessa propriedade.



D1b - Sentido obrigatório



B4 - Fim de via com prioridade

Figura 74 - Sinalização a ser adotada

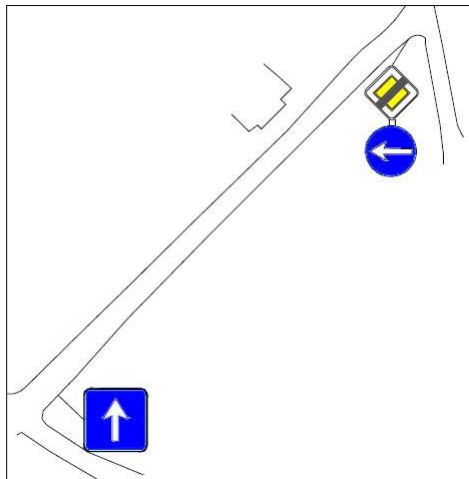


Figura 75 - Enquadramento da sinalização proposta

7.12. PRAÇA DO COMÉRCIO

7.12.1. ENQUADRAMENTO

A praça do Comércio é o local com mais circulação viária dentro da cidade, devido a ser um dos locais com possível inserção de tráfego na ex. N2. A referida praça tem uma procura de estacionamento elevada, sendo um problema em certas circunstâncias.

Devido a sua geometria, mesmo sendo uma praça de sentido único, sem sinalização que o indique, existe um grande conflito de movimentos.

No entanto a via possui uma delimitação, em ambos os lados de circulação, de passeio para peões, sendo a continuidade das vias adjacentes.

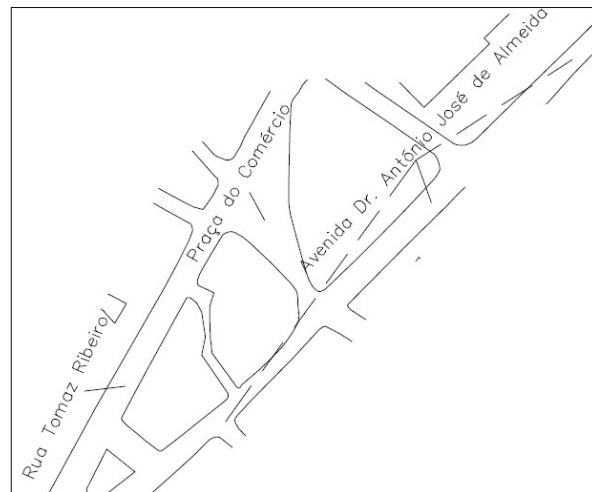


Figura 76 - Enquadramento do arruamento

7.12.2. PROPOSTA 1

A proposta apresentada, utiliza um conjunto de sinalização para forçar os condutores a respeitar a circulação correta na cidade, sem existir conflitos.

Existe a necessidade de eliminar dois tipos de conflito existentes nesta interseção, como se pode analisar pela figura seguinte.

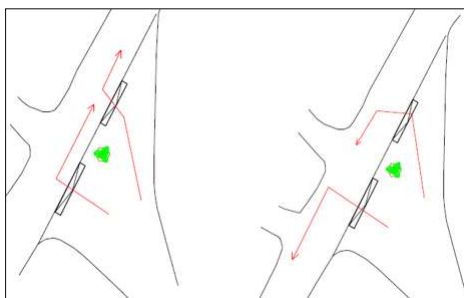


Figura 77 - Identificação de problema na inserção de tráfego

Para a resolução destes conflitos é proposto a obrigação de movimentos. Quem segue pela saída da direita é obrigado a seguir o sentido da direita e vice-versa para quem segue a esquerda. Em cada saída é necessário a colocação de um sinal de "STOP".



B2 - Paragem obrigatória em cruzamentos ou entroncamentos



D1b - Sentido obrigatório



D1a - Sentido obrigatório

Figura 78 - Sinalização a ser adotada

Existe outro conflito nesta praça, sendo o estacionamento. Visualmente é possível assistir a estacionamento de veículos em todos os espaços disponíveis, mesmo que estes não se reservem para estacionamento. O lugar mais preocupante que deveria ser condicionado a paragens e estacionamento é o indicado na figura seguinte.

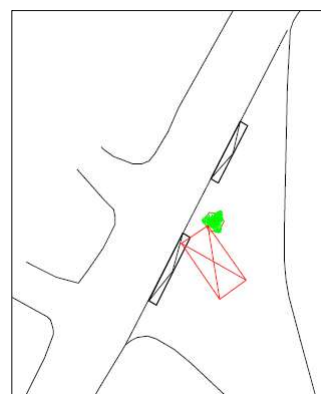


Figura 79 - Estacionamento incorreto

Para a resolução deste congestionamento é a colocação de um sinal de "Paragem e Estacionamento Proibido", junto ao lancil delimitador da caldeira da árvore.



C16 – Paragem e estacionamento proibidos

Figura 80 - Sinalização a ser adotada

É de identificar, comparando com outras ruas da cidade, existe a necessidade de colocação de sinalização indicando "Sentido Único".

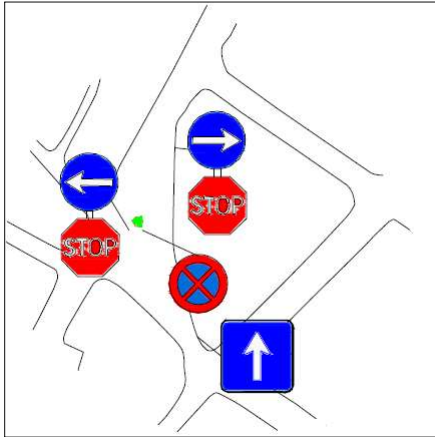


Figura 81 - Enquadramento da sinalização a adotar



Figura 83 - Limpeza de Sinalização



Figura 84 - Sinalização com diferentes alturas de colocação

7.13. RUA ANÍBAL FIGUEIREDO

7.13.1.ENQUADRAMENTO

A rua indicada, paralela à Rua dos Combatentes da Grande Guerra e à Praça do Comércio, situa-se num local tático para a saída de um parque de estacionamento para a ex. N2.

Este arruamento foi requalificado, sendo que tem sinalização recente e a existência de uma zona de descanso para peões.

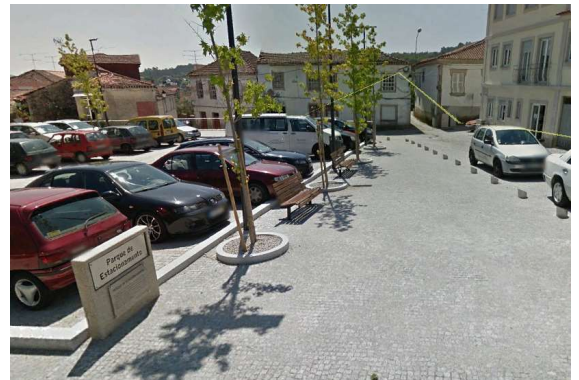


Figura 82 - Zona de lazer para peões

7.13.2.PROPOSTA 1

Existe uma necessidade de manutenção da sinalização existente, devido a existência de sinalização antiga com diferentes alturas em sinais adjacentes. Existe a necessidade de limpeza devido a obstrução dos sinais de trânsito.

7.13.3.PROPOSTA 2

A proposta 2, vem adquirir como dado a proposta nº2 da Avenida Dr. António José de Almeida, com a colocação da sinalização de "Cedência de Passagem" numa secção desta via.

Esta proposta propõem a colocação de sinalização de "Sentido Único" no início de cada secção desta via.



H3 – Trânsito de sentido único

Figura 85 - Sinalização Proposta

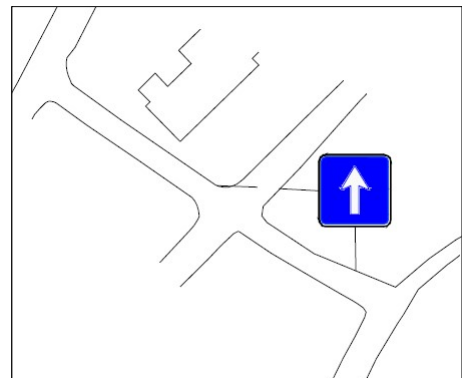


Figura 86 - Esquema da sinalização proposta

7.14. RUA DA FONTE NOVA

7.14.1. ENQUADRAMENTO

O arruamento interliga uma zona do centro da cidade até a Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa, sendo possível o circuito dos veículos nas duas direções, sem qualquer tipo de passeio para peões.

O arruamento não dispõe de sinalização indicante, sendo que consta com um cruzamento no seu início e no seu término.

Numa das extremidades, além de ter um cruzamento, existe um estreitamento da largura da via, sendo que existe um grande problema para a passagem de um veículo pelo outro.

Noutra das extremidades, além do cruzamento, existe o local denominado de “tanques de Lavagem manual” onde existe largura suficiente para o estacionamento de veículos.

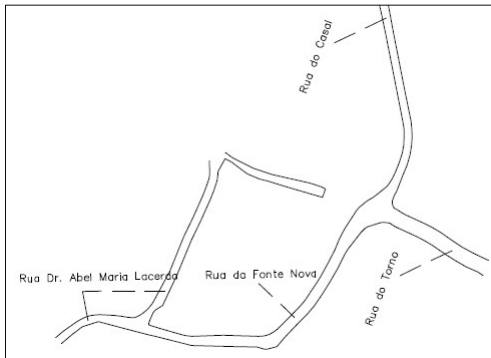


Figura 87 - Enquadramento do arruamento

7.14.2. PROPOSTA 1

A proposta apresentada para este arruamento, apenas é indicativa à sinalização que poderá existir na mesma.

Sendo este o caso, a via deve apresentar sinalização de “Passagem estreita” em conjunto com a informação de “prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem”. Esta por último, tem que aparecer referida noutro ponto, para que quem circula no sentido oposto respeitar a mesma regra.

É necessário porem indicar que existe o cruzamento numa das extremidades, pois a velocidade praticada nesse ponto pode ser superior.

A zona onde existe possibilidade de estacionamento de veículos, deve ser sinalizada.



B6 - Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem
 B9b - Entroncamento com via sem prioridade
 A4a - Passagem estreita
 H1a - Estacionamento autorizado

Figura 88 - Sinalização a adotar

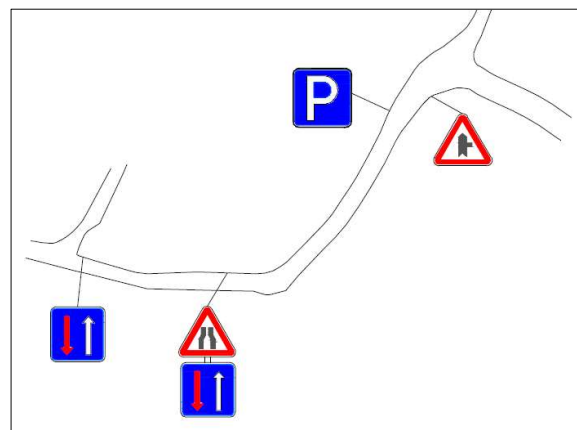


Figura 89 - Enquadramento da sinalização a adotar

7.15. RUA DO CASAL

7.15.1. ENQUADRAMENTO

A rua do Casal compromete-se a fazer uma ligação continua da Rua da Nova Fonte. Este arruamento permite a passagem de um quadrante da cidade para o outro sem o atravessamento direto pelo centro, caso se considere esta zona não pertencente à massa central da cidade, devido a sua localização.

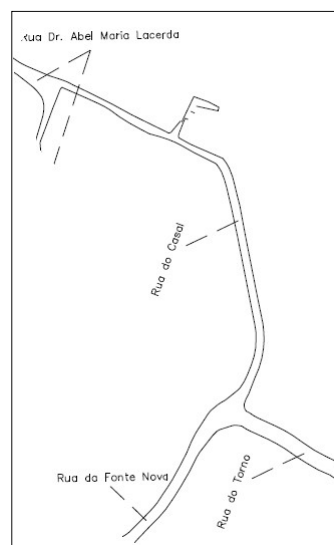


Figura 90 - Enquadramento do arruamento

O arruamento tem duas zonas definidas, uma com largura suficiente para circulação continua de veículos onde a passagem de um veículo pelo outro não é possível em toda a extensão. A outra zona, de largura reduzida, sendo este o fator condicionante. Por vezes visualiza-se o estacionamento de veículos, dificultando a passagem de veículos ligeiros, sendo que um veículo pesado teria de fazer a manobra de marcha-atrás.



Figura 91 - Veículo estacionado

7.15.2. PROPOSTA 1

A proposta apresentada reflete o aspeto mais importante da via, sendo a sua largura extremamente reduzida. A via desta forma não deve suportar a circulação nos dois sentidos, mas sendo que o executa, deve existir a necessidade de colocação de sinalização indicante de "Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem".

O estacionamento de viaturas não deve ser considerado em nenhuma parte da extensão da via, devido a dificuldade de circulação dos veículos. Existe, porém, uma zona onde é permitido estacionar, mas deve estar devidamente sinalizada.



B6 - Prioridade nos estreitamentos da faixa de rodagem



C15 - Estacionamento proibido



H1a - Estacionamento autorizado

Figura 92 - Sinalização a ser adotada

7.16. RUA DO TORNO

7.16.1. ENQUADRAMENTO

O arruamento, apenas secção em estudo, foi remodelado atualmente com a construção da Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa. Esta pequena secção faz a ligação da avenida às ruas da Fonte Nova e rua do Casal.

O arruamento tem sinalização mínima, sendo que existe a falta de sinalização. Existe na ligação entre ruas, um grande desnível, sendo que não existe nenhuma sinalização existente.

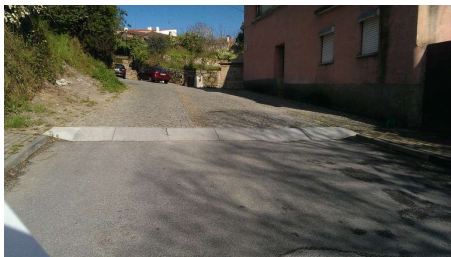


Figura 95 - Desnível existente

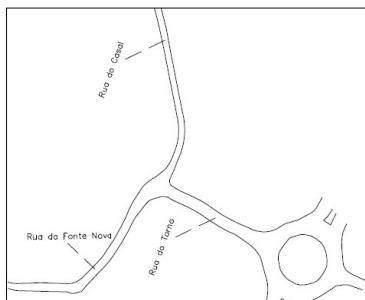


Figura 96 - Enquadramento do arruamento

Na extremidade junto à Rua do Torno é necessário a colocação de sinalização indicante que existe um cruzamento.



B9a - Entroncamento com via sem prioridade

Figura 93 - Sinalização a adotar

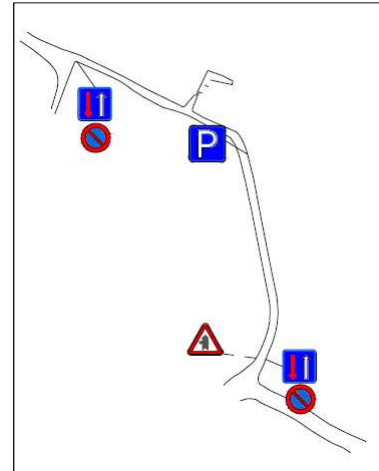


Figura 94 - Enquadramento da sinalização a ser adotada

7.16.2. PROPOSTA 1

A proposta de trabalho para esta secção de arruamento é a sinalização da zona indicada com um grande declive, pois pode causar transtornos aos condutores e danificar os veículos.



A2c - Lomba ou depressão

Figura 97 - Sinalização a ser adotada

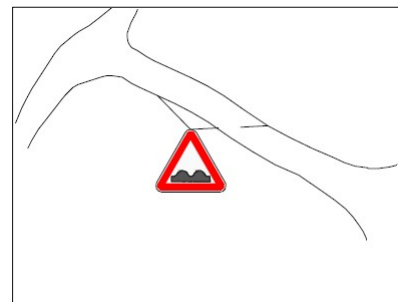


Figura 98 - Enquadramento da sinalização a ser adotada

Existe nesta via, a necessidade de manutenção de sinalização existente, principalmente devido a afixação de material e pinturas nos sinais de trânsito, sendo necessário uma limpeza e a posterior verificação da qualidade de reflexão.



Figura 99 - Sinalização a necessitar de limpeza

7.17. AVENIDA ENG.º ADELINO AMARO DA COSTA

7.17.1. DESCRIÇÃO

Referindo uma construção recente, que perfaz a ligação entre os extremos da cidade, sem a circulação pelo seu núcleo central, esta via com cerca de 1400 metros, com duas faixas em cada sentido, unificadas por separador central. Esta via tem capacidade de receção de estacionamento em apenas um dos sentidos (estacionamento em espinha) e com a ligação a cinco rotundas.

A via, devido ao seu período de construção ser bastante recente, não aparenta problemas graves de sinalização. Além disso, aparenta um problema grave de trânsito, isto é, possibilita a inserção de tráfego numa zona onde não está legalizada a mesma.



Figura 100 - Incorreta inserção de tráfego

7.17.2. PROPOSTA 1

Como meio de solução, deve ser adotado um prolongamento das raia laterais existentes na via, construindo assim uma barreira física impedindo o movimento de inserção nesta via.



Figura 101 - Solução proposta de prolongamento das raia



Figura 102 - Diferente sinalização utilidade na mesma via

7.17.3. PROPOSTA 2

Ao contrário das anteriores propostas, que apenas é a selecionada uma das mesmas, neste caso esta segunda proposta pode ser selecionada em conjunto com a anterior, sendo que a não homogeneização de sinalização, verifica-se nesta via de forma regular, sendo que no seu início existe um tipo de sinalização e na sua extensão verifica-se outro tipo de sinalização todo diferente. Para ser aplicado o conceito de sinalização homogénea, era necessário a substituição da sinalização por apenas um único sistema de sinalização. O posicionamento do mesmo, deve ser também, retificado devido a existir sinalização colocada em zonas diferentes do passeio/berma.

7.18. PARQUE ESTACIONAMENTO CÂMARA MUNICIPAL DE TONDELA

7.18.1. DESCRIÇÃO

Este parque de média capacidade, alberga na sua maioria veículos de funcionários e pessoas que se deslocam à Câmara Municipal de Tondela, sendo possível três tipos de circulação para este parque, existindo que venha da Avenida Eng.º Adelino Amaro da Costa e da outra direção vindo da Rua Marechal Gomes da Costa ou do Largo da República.

Existe um incumprimento da Lei, sendo uma das entradas e única saída, deste parque, se situar ligada diretamente a uma rotunda.



Figura 103 - Ligação Estacionamento-Rotunda

7.18.2. PROPOSTA 1

A solução/proposta apresentada, passa pela criação de uma saída (unicamente saída), no extremo do parque e o encerramento da entrada/saída existente. Devido ao parque ter duas entradas é possível a reestruturação do sistema viário dentro do parque, para que exista um circuito eficiente dos veículos.



Figura 104 - Proposta de Solução

7.18.3. PROPOSTA 2

A segunda proposta, deve como no caso anterior, ser adotada em conjunto com a primeira proposta. Caso a reformulação do parque de estacionamento da Câmara Municipal de Tondela seja realizado, existe todo o conjunto de sinalização que deve ser reposicionado, sendo que a existente pode ser reaproveitada. Além de reaproveitar a sinalização que aparenta um bom estado, existe já um numero de sinais de trânsito que além de ter um suporte em bom estado, o próprio sinal esta danificado, sendo que está a ficar de visibilidade reduzida, tanto de noite como de dia.

7.19. RUA FONTE OUTEIRO

7.19.1. ENQUADRAMENTO

O arruamento, semelhante à rua do torno, possibilita a recola de veículos de duas ruas para a Avenida.

Nesta Avenida a circulação em dois sentidos, torna-se um inconveniente devido a quem sai da rotunda não ter opção de escolha no seu trajeto sem ser o parque de estacionamento da Câmara Municipal de Tondela.

Como acontecia na Rua do Torno, neste caso existe também um desnível que pode comprometer a segurança dos condutores.

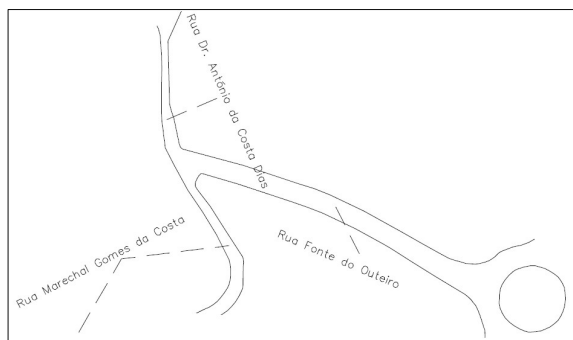


Figura 105 - Enquadramento do arruamento

7.19.2. PROPOSTA 1

Devido a existir sinalização recente na via e não existir qualquer tipo de problema a acrescentar, apenas seria necessário promover a informação ao condutor de existir um desnível na zona da via.



A2c - Lomba ou depressão

Figura 106 - Sinalização a ser adotada

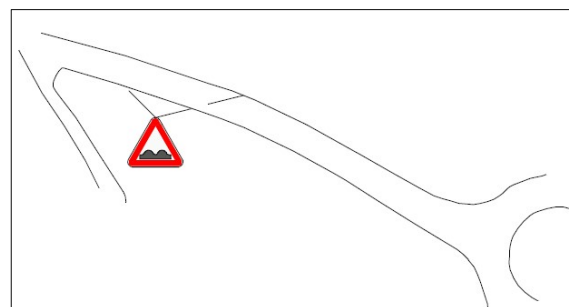


Figura 107 - Enquadramento da sinalização proposta

8. CONCLUSÕES FINAIS

A zona observada, sendo zona antiga da cidade, apresenta alguma carência de sinalização no acompanhar da evolução. A evolução da rede viária tem tido uma grande importância ao longo dos tempos com o acréscimo da utilização do veículo pessoal.

A existência de um número baixo de sinais de tráfego na zona central da cidade e a aqueles que existem estarem com algumas degradações, aumenta a insegurança e a preocupação dos utentes da via.

Apesar de existir uma falha na colocação de sinalização na zona central da cidade, pode não comprometer a segurança da circulação devido a estes arruamentos serem utilizadas principalmente pelos moradores e conhecedores das vias.

A colocação correta dos sinais de trânsito e a sua inspeção, mesmo que visual, possibilita a não existir manutenções de elevado valor.

Alguns arruamentos, possibilitam a criação de mais do que uma proposta, sendo que essa existência deve ser conjugada com todos os serviços que as ruas têm. As propostas têm que avaliar o condutor, o peão e os serviços existentes.

Os serviços existentes têm que funcionar corretamente, sendo um grande problema a circulação de veículos pesados, mesmo que mínima essa circulação. Em situações de socorro com veículos pesados, estes terão dificuldades no atravessamento das ruas da cidade, comprometendo a segurança da população.

Uma alteração da sinalização completa do centro da cidade, pode ser complementado com a mudança de alguns sentidos e possíveis alterações nas características geométricas das vias.

9. BIBLIOGRAFIA

Amaral, S. D. (2013). Conservação E Manutenção Nos Pavimentos Rodoviários.

Cdmn. (Dezembro De 2008). *Sinalização Rodoviária*. Aveiro.

Escola, A. M. (2010). Vias E Velocidades.

Google. (Abril De 2016). *Google Maps*. Obtido De Google Maps: <https://maps.google.pt/>

INIR. (S.D.). Princípios Da Sinalização Do Trânsito E Regimes De Circulação.

INIR. (S.D.). Sinalização Vertical - Características.

INIR. (S.D.). Sinalização Vertical - Critérios De Colocação.

Roque, C. D. (Março De 2005). Sinalização Vertical.

Trânsito, C. N. (2007). *Sinalização Vertical De Regulamentação*. Contran.

Viação, D. G. (Julho De 2003). Guia De Sinalização Rodoviária.