



Plataforma TRANSIT para Análise de Dados de Tráfego na Cidade do Porto

TIAGO EDGAR GOMES LOPES

Outubro de 2019

PLATAFORMA TRANSIT PARA ANÁLISE DE DADOS DE TRÁFEGO NA CIDADE DO PORTO

Tiago Edgar Gomes Lopes



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto
2019

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, ramo de Sistemas de Planeamento Industrial

Candidato: Tiago Edgar Gomes Lopes, N° 1130726, 1130726@isep.ipp.pt

Orientação científica: Carla Manuela Alves Pinto, cap@isep.ipp.pt

Coorientação científica: Jorge Manuel Pires Mendonça, jpm@isep.ipp.pt

Empresa: Câmara Municipal do Porto

Orientador: Bruno Miguel Aires Eugénio, bruno Eugenio@cm-porto.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

10 de outubro de 2019

Agradecimentos

Desde já gostava de expressar os mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, tornaram possível a realização desta dissertação.

Gostava de agradecer a todos os profissionais do Instituto Superior de Engenharia do Porto, que me acolheram da melhor forma possível, ao longo destes anos. Desta instituição, levo conhecimentos para a vida tanto a nível profissional como a nível pessoal.

Agradeço à Câmara Municipal do Porto, pela oportunidade de realização do estágio curricular. A todas as pessoas do Departamento Municipal de Gestão de Mobilidade e Transportes agradeço por me terem feito sentir em casa nestes seis meses de estágio, pela partilha de ideias, conhecimentos e entajuda desde o primeiro momento. Um especial agradecimento aos meus colegas, que convive todos os dias e me acompanhavam na hora de almoço.

Um especial agradecimento ao Engenheiro Bruno Eugénio supervisor do estágio na Câmara Municipal do Porto, que me aceitou como seu orientando, sempre me apoio no decorrer do estágio demonstrando-se sempre disponível para ajudar no que fosse necessário. Transmitiu conhecimentos para o desenvolvimento deste trabalho. Também gostava de agradecer à Engenheira Cristina Vilarinho pela disponibilidade e pelas ideias que sugeriu.

Uma pessoa que foi imprescindível para a realização deste trabalho foi a Dr. Carla Pinto sem ela nada disto seria possível. Foi a orientadora de todo o estágio, acompanhou o meu trabalho todas as semanas com dedicação, entusiasmo e rigor. Um obrigado por me ter acompanhado e pela sinceridade, determinação e segurança que foi transmitida no decorrer do estágio. Também queria agradecer ao professor Jorge Mendonça, coorientador desta dissertação, pelo empenho demonstrado e pelas ideias que sugeriu para o desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos agradeço pelo apoio e paciência demonstrada. Mostraram-se sempre presentes quando foi necessário.

Aos meus pais um obrigado por me terem dado a oportunidade de frequentar o ensino superior, pelo apoio demonstrado. Aos meus irmão e sobrinhas obrigado pelo apoio que me deram ao longo do meu percurso académico.

Um especial agradecimento a minha namorada, por conseguir colocar sempre um sorriso na cara, pela paciência e por me incentivar sempre a alcançar os meus objetivos.

Resumo

Os transportes são imprescindíveis no dia-a-dia da humanidade. As pessoas têm a necessidade de se movimentar de forma rápida, segura e com um bom nível de conforto. A IBM realizou um estudo acerca do número de veículos em circulação. Atualmente, esse número ultrapassa um milhão de milhões e pode vir a duplicar em 2020. Com este aumento, os problemas de congestionamento nas cidades vão aumentar.

A presente dissertação foi realizada na Câmara Municipal do Porto (CMP), na Divisão Municipal de Gestão de Mobilidade e Tráfego.

O sistema de Gestão de Tráfego da CMP tem cerca de 300 instalações semaforicas. Destas, 138 dispõem de regulação remota automatizada, respondendo em tempo real a um *software* de gestão de tráfego, instalado no posto central de comando. Para apoio na deteção da procura viária, estão instalados, nos pavimentos dos arruamentos, milhares de sensores de tráfego (espiras eletromagnéticas). Existem 123 sensores de contagem estrategicamente colocados nas subzonas centralizadas. Estes dados fornecem informação acerca do débito de tráfego.

Este trabalho consistiu no desenvolvimento de uma plataforma, a TRANSIT, para a análise e tratamento de dados recolhidos pelo sistema de gestão de tráfego da CMP. Para a implementação da TRANSIT foi utilizado o Excel. Numa primeira fase, os dados crus são tratados, removendo *outliers*. De seguida, os dados são importados para uma tabela dinâmica. Desta forma, é possível analisar os dados analiticamente e graficamente. As tabelas permitem realizar esta análise por dia, zona ou mês. Este processo foi repetido para 10 anos.

O *software* NEXT está em funcionamento na CMP e está inserido no projeto C-ROADS. Permite a análise, simulação e previsão de dados de tráfego. Desta forma, é possível representar uma rede real, recorrendo a uma rede virtual. Uma das funcionalidades do NEXT é semelhante à da TRANSIT, ambas analisam os volumes de tráfego da cidade. No último capítulo faz-se uma análise comparativa, dos resultados obtidos por ambas as plataformas.

A TRANSIT distingue-se do NEXT por: aplicar um filtro para a limpeza dos dados e não multiplicar por dois os dados crus. Estas duas estratégias da TRANSIT colocam-na numa situação mais vantajosa do que o NEXT. Os seus resultados são mais credíveis, sendo mais úteis para a análise presente e futura previsão do comportamento do tráfego.

Palavras-Chave

Engenharia de Tráfego, Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS), Sistema de Controlo de Gestão de Tráfego, TRANSIT, SIGA, GERTRUDE

Abstract

Transports are extremely important in the daily life of humanity. People have the need to move quickly, safely and with a good level of comfort. The company IBM conducted a study on the number of vehicles in circulation. Today, the number of vehicles exceeds one billion and this number can double by 2020. With this increase, congestion problems in cities will raise.

This dissertation was developed at Câmara Municipal do Porto (CMP), in the Municipal Division of Mobility and Traffic Management.

The Traffic Management System of Porto has about 300 traffic lights. Of these, 138 have automated remote regulation, responding in real time to the traffic management software, installed at the control station. To detect the road demand, thousands of traffic sensors are installed on the streets. There are 123 counting sensors strategically placed in the centralized subzones. This will provide data about traffic volume.

This work consisted in the development of a platform, TRANSIT, to analyze and process data, collected by the traffic management system. The platform, TRANSIT, was created to facilitate the access to the data. The software Excel was used for the implementation. In a first phase, the data is processed by removing *outliers*. The data is then imported to a pivot table. This way is possible to analyze the data analytically and graphically. This tables allow analysis by day, zone or month. This process has been repeated for 10 years. To make easy to access the data in the tables, a graphical interface was created.

The software NEXT is operating at CMP and it is part of the C-ROADS project. It allows the analysis, simulation and prediction of traffic data. Therefore, it is possible to represent a real network using a virtual network. One of NEXT features is similar to TRANSIT, both analyze city traffic volumes. In the last chapter a comparative analysis of the results obtained by both platforms is made.

The capabilities provided by platform TRANSIT are different from the ones of NEXT. It applies a filter to clean the data and does not multiply the data by two. These two strategies of TRANSIT put them in advantage with respect to NEXT. Its results are more credible, therefore, more useful in the present analysis and in future predictions.

Keywords

Traffic Engineering, Intelligent Transport Systems (ITS), Traffic Control System, TRANSIT, SIGA, GERTRUDE

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
ACRÓNIMOS	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	2
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. METODOLOGIA	4
1.4. CALENDARIZAÇÃO	5
1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	6
2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	7
2.1. HISTÓRIA DA CIDADE DO PORTO	7
2.2. CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO.....	11
2.3. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	12
2.4. DIREÇÃO MUNICIPAL DA MOBILIDADE E TRANSPORTES	14
2.4.1. <i>Organização</i>	14
2.4.2. <i>Missão</i>	15
2.4.3. <i>Visão</i>	15
2.4.4. <i>Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego</i>	15
3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	17
3.1. ENGENHARIA DE TRÁFEGO	17
3.2. MOBILIDADE URBANA.....	19
3.2.1. <i>Evolução da Mobilidade</i>	20
3.3. MODELAÇÃO EM TRANSPORTES.....	21
3.4. MODELOS DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO	25
3.4.1. <i>Nível de Detalhe</i>	25
3.4.1.1. <i>Macroscópicos</i>	26
3.4.1.2. <i>Mesoscópicos</i>	31
3.4.1.3. <i>Microscópicos</i>	31
3.4.2. <i>Escala temporal</i>	34

3.4.3.	<i>Representação do processo</i>	35
3.5.	SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE.....	35
3.5.1.	<i>Sensores dos sistemas ITS</i>	37
3.5.2.	<i>Categorias ITS</i>	41
3.5.2.1.	<i>Sistemas Avançados de Gestão de Tráfego (SAGT)</i>	43
3.5.2.2.	<i>Sistemas Avançados de Informação a Viajantes (SAIV)</i>	45
3.5.2.3.	<i>Sistemas de Operação de Veículos Comerciais (SOVC)</i>	46
3.5.2.4.	<i>Sistemas Avançados de Transportes Públicos (SATP)</i>	48
3.5.2.5.	<i>Sistemas Avançados de Controlo de Veículos (SACV)</i>	49
3.5.2.6.	<i>Sistemas Avançados de Tráfego Rural (SATR)</i>	50
3.6.	METODOLOGIA DE SUBSTITUIÇÃO DE <i>OUTLIERS</i>	51
3.6.1.	<i>Outliers</i>	51
3.6.2.	<i>Análise de Outliers</i>	51
3.6.2.1.	<i>Recolha de dados através de uma máquina</i>	52
3.6.3.	<i>Métodos de identificação de outliers</i>	52
4.	PLATAFORMA TRANSIT	57
4.1.	PROBLEMA PROPOSTO.....	57
4.2.	SISTEMA SIGA.....	58
4.2.1.	<i>Caracterização do Sistema SIGA</i>	61
4.2.1.1.	<i>Rede de Comunicações</i>	61
4.2.1.2.	<i>Principais equipamentos de regulação de tráfego</i>	62
4.3.	ANÁLISE DOS DADOS.....	63
4.3.1.	<i>Dados brutos</i>	63
4.3.2.	<i>Limpeza dos dados</i>	64
4.3.3.	<i>Implementação</i>	69
4.3.3.1.	<i>Templates</i>	69
4.3.3.2.	<i>Tabelas dinâmicas</i>	74
4.3.4.	<i>Interface Gráfica</i>	76
5.	NEXT ARMIS ITS	79
5.1.	C-ROADS.....	80
5.2.	NEXT NO ÂMBITO DO PROJETO C-ROADS.....	82
5.3.	NEXT VS TRANSIT.....	84
6.	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	91
6.1.	CONCLUSÕES.....	91
6.2.	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	93
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	95
	ANEXO A. ZONA DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA SIGA	99
	ANEXO B. ZONA 1	101
	ANEXO C. ZONA 2	102

ANEXO D. ZONA 3	103
ANEXO E. ZONA 4	104
ANEXO F. ZONA 5.....	105
ANEXO G. ZONA 6.....	106
ANEXO H. ZONA 7.....	107
ANEXO I. ZONA 8	108
ANEXO J. ZONA 9	109
ANEXO K. ZONA 10.....	110
ANEXO L. LISTA COMPLETA DE DETETORES POR ZONA	112
ANEXO M. LOCALIZAÇÃO DE DETETORES DO SISTEMA SIGA	114
ANEXO N. MANUAL DO UTILIZADOR DA APLICAÇÃO TRANSIT	118
ANEXO O. COMPARAÇÃO DO NEXT COM A TRANSIT	123

Índice de Figuras

Figura 1 – Calendarização da dissertação.	5
Figura 2 – Vista da cidade do Porto [12].	11
Figura 3 – Câmara Municipal do Porto.....	12
Figura 4 – Organograma da Câmara Municipal do Porto.	13
Figura 5 – Organograma da DMMT.	14
Figura 6 – Hierarquia das prioridades da mobilidade no início [23]......	20
Figura 7 – Hierarquia da mobilidade [23]......	21
Figura 8 – Matriz OD [25].	22
Figura 9 – Métodos de atualização de matrizes [16]......	23
Figura 10 – Representação esquemática de uma rede de transportes [16]......	24
Figura 11 – Nível de detalhe [26]......	25
Figura 12 – Diagrama espaço-tempo [28]......	32
Figura 13 – Tempo e distância entre veículos [28].	33
Figura 14 – História do desenvolvimento dos sistemas ITS [31]......	36
Figura 15 – Sistema Inteligente de Transporte [9]......	37
Figura 16 – Sensores intrusivos (sensores magnéticos, sensores de tubos pneumáticos e espiras eletromagnéticas) [34]......	38
Figura 17 – Sensores não intrusivos (radares, sistema de processamento de imagem de vídeo e sensores infravermelhos) [34].	41
Figura 18 – Sistema de informação a viajantes – <i>google maps</i>	46
Figura 19 – Identificação, classificação e localização automática do veículo [9]......	47
Figura 20 – Sistema de informação de horários de autocarros – Porto.Bus.....	48
Figura 21 – Componentes de um veículo de condução automática [37]......	50
Figura 22 – Conjunto de dados em 2D que contém <i>outliers</i> [43].	53
Figura 23 – Zona de funcionamento do sistema SIGA na cidade do Porto.	59
Figura 24 – Exemplo de um ficheiro Excel para o tratamento de dados (Zona 1).	70
Figura 25 – Detetores por zona (Zona 1).	71
Figura 26 – Identificação de <i>ouliers</i> (Zona 1)......	72
Figura 27 – Volume de tráfego.	73
Figura 28 – Tabela dinâmica.....	74
Figura 29 – Representação gráfica do volume de tráfego.	75
Figura 30 – Parâmetros de escolha para análise gráfica.....	76
Figura 31 – Ícone da plataforma TRANSIT.....	77
Figura 32 – Interface Gráfica da TRANSIT.....	77

Figura 33 – Janela de aviso para a inexistência de dados acerca do mês.	78
Figura 34 – Tabela dinâmica do <i>software</i> NEXT.....	85
Figura 35 – Disposição de dados graficamente no NEXT.	86
Figura 36 – Capacidade de leitura da espira.....	87
Figura 37 – Zona de funcionamento do Sistema SIGA na cidade do Porto.	100
Figura 38 – Zona 1 (Sé).....	101
Figura 39 – Zona 2 (Bolhão).	102
Figura 40 – Zona 3 (República).	103
Figura 41 – Zona 4 (Boavista).....	104
Figura 42 – Zona 5 (Galiza).	105
Figura 43 – Zona 6 (Universidade).	106
Figura 44 – Zona 7 (Magalhães).	107
Figura 45 – Zona 8 (Mota Pinto).....	108
Figura 46 – Zona 9 (Constituição).	109
Figura 47 – Zona 10 (Parque da Cidade).....	110
Figura 48 – Zona 10 (Prelada).....	111
Figura 49 – Ícone da plataforma TRANSIT.....	118
Figura 50 – Interface Gráfica da TRANSIT.....	118
Figura 51 – Escolha do Ano e Mês a consultar.	119
Figura 52 – Seleção do Ano.	119
Figura 53 – Seleção do Mês.	120
Figura 54 – Janela de aviso caso não selecione nenhum ano nem mês.	120
Figura 55 – Janela de aviso caso não escolha o campo B.	120
Figura 56 – Janela de aviso caso não escolha o campo A.	121
Figura 57 – Janela de aviso para a inexistência de dados acerca do mês.	121
Figura 58 – Tabela dinâmica.	121
Figura 59 – Análise gráfica.	122
Figura 60 – Parâmetros de escolha para análise gráfica.	122
Figura 61 – Botão para reabrir a interface gráfica.....	122

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Parâmetros para determinar o débito.....	26
Tabela 2 – Parâmetros para determinar a velocidade média no espaço.....	27
Tabela 3 – Parâmetros para determinar a velocidade média no tempo.....	28
Tabela 4 – Parâmetros para determinar o débito.....	28
Tabela 5 – Parâmetros para determinar a taxa de ocupação.....	29
Tabela 6 – Relação entre débito e densidade.....	30
Tabela 7 – Parâmetros da relação fundamental de tráfego.....	30
Tabela 8 – Parâmetros para determinar o tempo entre veículos.....	32
Tabela 9 – Parâmetros para determinar a distância entre veículos.....	33
Tabela 10 – Lista de detetores por zona na cidade do Porto.....	60
Tabela 11 – Exemplo do conteúdo de um ficheiro de dados bruto.....	63
Tabela 12 – Colunas e eliminar dos ficheiros consoante a sua zona.....	64
Tabela 13 – Número e tipo de via por detetor.....	65
Tabela 14 – Capacidade da via urbana.....	68
Tabela 15 – Débito de tráfego que cada via suporta em 5 minutos.....	69
Tabela 16 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 1 (julho 2018).....	88
Tabela 17 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 10 (julho 2018).....	89
Tabela 18 – Lista completa de detetores por zona.....	112
Tabela 19 – Lista de detetores fisicamente iguais.....	113
Tabela 20 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 1 (julho 2018).....	123
Tabela 21 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 2 (julho 2018).....	123
Tabela 22 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 3 (julho 2018).....	124
Tabela 23 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 4 (julho 2018).....	125
Tabela 24 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 5 (julho 2018).....	125
Tabela 25 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 6 (julho 2018).....	126
Tabela 26 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 7 (julho 2018).....	127
Tabela 27 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 8 (julho 2018).....	127
Tabela 28 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 9 (julho 2018).....	128
Tabela 29 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 10 (julho 2018).....	129

Acrónimos

IBM	–	International Business Machines Corporation
ITS	–	Sistema Inteligente de Transportes
SIGA	–	Semáforos Inteligentes de Gestão Automatizada (Município do Porto)
OD	–	Origem-Destino
CMP	–	Câmara Municipal do Porto
C-ITS	–	Sistemas Inteligentes de transportes Cooperativos
DMMT	–	Direção Municipal da Mobilidade e Transportes
DMGMT	–	Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego
GPS	–	Sistema de Posicionamento Global
RFID	–	<i>Radio-Frequency ID</i>
SAGT	–	Sistemas Avançados de Gestão de Tráfego
SAIV	–	Sistemas Avançados de Informação para Viajantes
SOVC	–	Sistemas de Operação de Veículos Comerciais
SATP	–	Sistemas Avançados de Transportes Públicos
SACV	–	Sistemas Avançados de Controlo de Veículos
SATR	–	Sistemas Avançados de Transportes Rurais
STCP	–	Sociedade de Transportes Coletivos do Porto
TRANSIT	–	Traffic Analysis Interface

1. INTRODUÇÃO

Os transportes são um meio imprescindível para a sociedade. As pessoas têm a necessidade de se movimentar de forma rápida, segura e com um bom nível de conforto. Seja o meio de transporte aéreo, marítimo ou terrestre, a margem para erros é cada vez menor [1].

Os transportes podem ser estudados sob diferentes aspetos, tais como, infraestruturas, veículos e operações comerciais. As infraestruturas abrangem todo o tipo de redes de transporte: rodoviária, férrea, aérea e marítima, incluindo também os seus terminais. Os veículos podem ser automóveis, bicicletas, aviões, autocarros e comboios. As operações comerciais estão relacionadas com os transportes, na medida em que regulam os veículos e como operam na rede (leis, códigos e regulamentos).

Nas últimas décadas, com o crescimento dos centros urbanos, têm surgido graves problemas. Existem cada vez mais veículos nos centros da cidade. Causam problemas a nível da mobilidade urbana, gestão de espaços, da poluição sonora e visual e, ainda, na mobilidade das pessoas com deficiências. Um estudo realizado pela *International Business Machines Corporation* (IBM) veio confirmar estes problemas. Atualmente o número de veículos ultrapassa um milhão de milhões e este número pode vir a duplicar em 2020. Com este aumento de veículos, os problemas de congestionamento nas cidades vai aumentar [1] [2].

Para solucionar os problemas de congestionamento (trânsito), recorre-se à Engenharia de Tráfego. Esta trata dos problemas de planeamento, operação e controlo do tráfego. Através das tecnologias de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), asseguram-se boas condições para o escoamento do tráfego.

Em 2018, uma organização dos EUA realizou um estudo sobre as condições do trânsito rodoviário nas horas de ponta em diferentes países. Em Portugal a cidade com mais trânsito é a cidade do Porto [3].

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma para a análise e tratamento de dados, recolhidos pelos detetores do sistema de gestão de tráfego da cidade do Porto. A TRANSIT tem ainda uma interface “*user-friendly*”, para acesso a esses dados. Comparou-se os resultados da TRANSIT com os do NEXT. O NEXT é uma aplicação que está inserida no projeto C-ROADS e tem como objetivo a análise, simulação e previsão de dados. O C-ROADS é um projeto europeu que tem como finalidade de implementar os sistemas inteligentes de transportes cooperativos (C-ITS) [4].

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos últimos tempos tem-se verificado que os transportes têm uma vertente económica, dado que a maior parte da população tem viatura própria. Se analisarmos a relação oferta/procura, considera-se que a oferta é o sistema rodoviário e a procura são os veículos. Tem-se verificado que a procura excede a oferta, o que resulta na formação de congestionamentos (trânsito) [5].

O congestionamento é diretamente proporcional ao aumento do tempo de viagem, aumento da poluição e aumento da probabilidade de acidente. Para resolver este problema, são instalados sistemas de controlo de tráfego, tendo como objetivo equilibrar a oferta e a procura. Estes sistemas têm melhorado as condições de circulação rodoviária no meio urbano.

O sistema de tráfego é constituído por: sinais luminosos, computadores de comando, sensores, painéis de sinalização variável e por pórticos de cobrança automática de portagens. A utilização destes indicadores ajuda a tomar uma decisão, tendo em conta o peso que cada um deles poderá ter. Apesar de, por vezes haver uma incerteza sobre a utilidade destes indicadores, eles são uma mais valia para a avaliação e caracterização do problema [5] [6].

Os ITS são um conjunto de tecnologias tendo como finalidade melhorar a gestão dos sistemas de transporte. Têm características próprias, que os distinguem das aplicações tradicionais. Consomem e gerem uma quantidade diferente de dados, usando diferentes tipos de comunicação, com diferentes larguras de banda, alcance e latência. Têm diferentes restrições e qualidade no serviço em que estão inseridos. A utilização do ITS é um desafio, pois a recolha

destes dados é realizada através de sensores e é fundamental saber em que condições foi feita essa recolha [1].

Existem diferentes tipos de sensores. Os mais usuais hoje em dia são os elétricos, eletromagnéticos, reconhecimento de imagem (câmaras), infravermelhos ou radares, ultrassónicos e acústicos. A utilização destes sensores possibilita a coleta de dados tradicionais, como o número de veículos que passam num dado momento, numa dada secção de estrada. Também se acede a dados sobre a forma como o trânsito se processa [7] [8].

Caso os dados recolhidos pelos sensores tenham um grande volume e dependam do tempo, deve-se recorrer à estatística para ajudar a resolver o problema do congestionamento. Também é necessário ter em conta a variação contínua da resposta do processamento. Estes dados contêm a informação necessária para ajudar a combater o congestionamento. Atualmente, existem diversas ferramentas para tratar eficazmente os dados [9].

Para uma boa gestão do trânsito urbano é importante a estimação das condições de tráfego, através de semaforização e painéis de informação variável. Os programas de modelação têm um papel importante na localização dos sensores ITS. Estes permitem estimar, num arco rodoviário, o volume de tráfego, em determinadas condições de oferta e de procura [10].

Os arcos rodoviários devem ser classificados para identificar os mais importantes. Para a classificação, recorre-se à modelação macroscópica integral da rede. A classificação destes arcos ajuda a decidir onde serão instalados os sensores ITS, que alimentam o sistema de gestão automática do tráfego.

A utilização de um modelo macroscópico não é suficiente para determinar os padrões de tráfego, dado que a recolha de dados se realiza num intervalo de tempo pequeno. Desta forma, recorre-se a metodologias de análise multivariada para identificar a localização mais adequada para os sensores ITS [10].

A modelação da matriz OD é um trabalho computacionalmente exigente, dado que contém estruturas de dados com diversas variáveis. Para se obter informações de circulação em tempo real é necessário a realização de processamentos mais rápidos, obtendo-se com a redução da estrutura dimensional da matriz OD [11].

No caso de mudanças das condições de circulação, como por exemplo, congestionamento, condições meteorológicas ou sinistralidade rodoviária, verifica-se que os sensores contêm erros e falhas de leitura. Para solucionar este problema, fez-se um estudo acerca da capacidade máxima da estrada em que o detetor está instalado, definindo desta forma o limite máximo de veículos que teoricamente podem lá passar.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma plataforma para a análise e o tratamento de dados provenientes do sistema de gestão de tráfego da CMP. A TRANSIT tem ainda uma interface “*user-friendly*”. Numa fase inicial, a TRANSIT limpa os dados, removendo os *outliers*. Após esta limpeza, os dados, são importados para uma tabela dinâmica. Repete-se este processo para 10 anos de dados. A interface gráfica da TRANSIT, permite a consulta das tabelas dinâmicas, podendo-se escolher o ano e mês que se desejam consultar. Os resultados da TRANSIT foram comparadas com os de um outro *software*, o NEXT.

1.3. METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido na presente dissertação, divide-se em 5 fases:

Fase I – Realização da revisão bibliográfica sobre os temas necessários, para desenvolver o trabalho e adaptação ao ambiente da CMP.

Fase II – Início do desenvolvimento da TRANSIT, com a recolha dos dados e criação de um ficheiro Excel que permite o tratamento dos mesmos.

Fase III – Agregação dos dados numa tabela dinâmica.

Fase IV – Implementação da interface gráfica da TRANSIT, com o intuito de facilitar ao utilizador a consulta das tabelas criadas na fase anterior.

Fase V – Comparação dos resultados produzidos pela plataforma TRANSIT com o *software* NEXT.

1.4. CALENDARIZAÇÃO

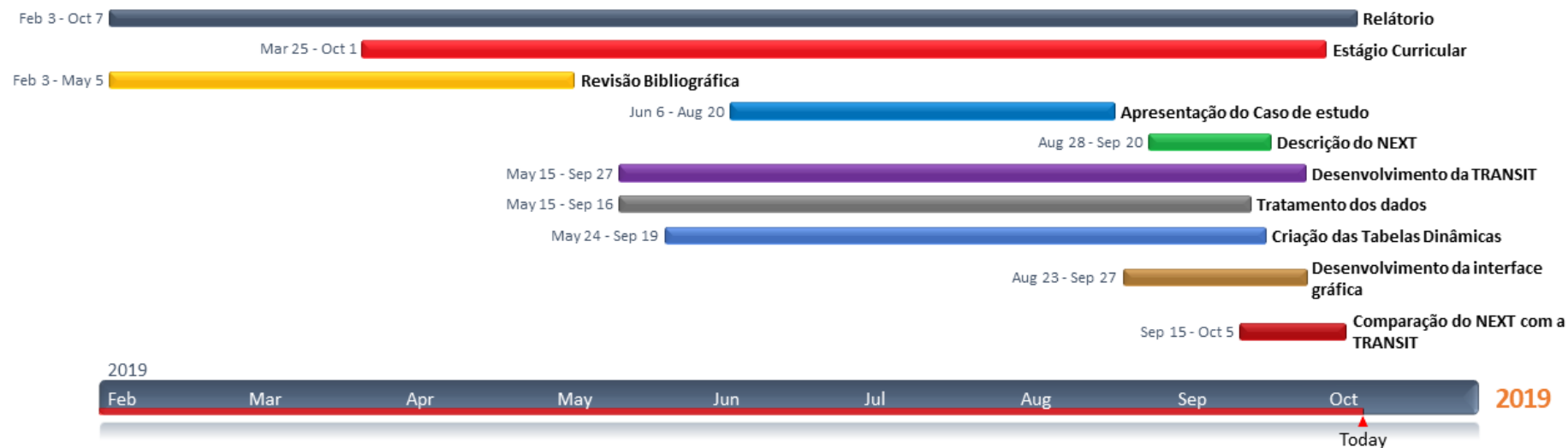


Figura 1 – Calendarização da dissertação.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No capítulo 1, faz-se uma pequena introdução ao trabalho, descrevendo a importância dos transportes nos dias atuais. Também se aborda o crescimento dos meios urbanos e o crescimento da utilização de veículos nesses meios. É definida a metodologia a seguir para a realização do trabalho. São também explicados os principais objetivos do mesmo.

No capítulo 2, é apresentada a empresa onde este trabalho foi desenvolvido. Numa primeira etapa fala-se de acontecimentos históricos na cidade do Porto. De seguida, faz-se uma pequena introdução à CMP, explicando a sua estrutura organizacional. Por último, é apresentado o departamento onde foi desenvolvida a dissertação.

No capítulo 3, é realizado um enquadramento teórico, onde se faz uma introdução à engenharia de tráfego, mobilidade urbana, modelação em transportes e modelos de simulação de tráfego. Introduzem-se os sistemas ITS e as suas categorias. Com esta análise teórica foi possível seleccionar os métodos necessários para desenvolver o trabalho.

No capítulo 4, apresenta-se o caso de estudo e introduz-se o sistema SIGA (Semáforos Inteligentes de Gestão Automatizada). São ainda explicados, detalhadamente, os passos necessários para atingir os objetivos do trabalho e os resultados obtidos nesta Dissertação.

No capítulo 5, introduz-se o *software* NEXT, enumerando as suas capacidades. Comparara-se os resultados deste com os da TRANSIT.

Por último, no capítulo 6 são retiradas as conclusões deste estudo e fazem-se sugestões de melhoramento para um projeto futuro.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é apresentada a empresa onde o estágio se realizou. Inicialmente, é feita uma revisão á História da cidade do Porto. Expõe-se alguma informação acerca do edifício onde o estágio foi desenvolvido e apresenta-se a estrutura organizacional da CMP.

2.1. HISTÓRIA DA CIDADE DO PORTO

A cidade do Porto já existe desde a época dos romanos, nessa altura era conhecida por “*Cale*”. Na altura era uma pequena aldeia onde residiam poucos habitantes. Os romanos construíram um porto chamado “*Portus Cale*” que mais tarde veio dar origem ao nome da cidade. Este porto era um ponto obrigatório na rota de Braga a Lisboa. No ano de 456 a cidade foi invadida por Visigodos, que governaram o local até ao ano 716 [12] [13].

No mesmo ano foi invadida por muçulmanos que governaram até à reconquista do rei Afonso I das Astúrias. Após ter sido reconquistada foi deixada ao abandono, até ao ano 880, quando foi iniciado o povoamento da mesma a mandado do último rei Asturiano Afonso III.

O condado Portucalense surge em 1096 de uma prenda do rei Afonso VI à sua filha D. Teresa aquando do seu casamento com D. Henrique de Borgonha. Naquela altura a cidade era o morro da sé, sendo esta rodeada por muralhas. Mais tarde, em 1120, é concedido ao bispo D. Hugo uma extensa área territorial. Passados três anos, deu carta de foral aos moradores, com esta ação existiu um desenvolvimento do território [12].

Na época medieval o Porto passou a ser um ponto importante nas rotas mercantis. O infante D. Pedro e o rei D. Afonso IV iniciaram uma guerra, devido aos acontecimentos que envolveram Inês de Castro. Esta guerra foi travada na cidade do Porto. A população ficou do lado do rei, o que levou à derrota de D. Pedro. Devido a estes problemas foi necessário construir muralhas na cidade. A famosa muralha Fernandina foi terminada em 1370, no reinado de D. Fernando, mas quem ordenou a sua construção foi D. Afonso IV.

Entre 1383 a 1385 surgiu uma crise, após a morte do rei D. Fernando, uma vez que este não tinha descendentes masculinos e Portugal estava sem rei. A corte de Coimbra nomeou um novo rei, João I de Portugal. O Porto apoiou incondicionalmente o Mestre de Avis. Em 1387, casou-se na cidade do Porto com D. Filipa de Lencastre. Mais tarde nasceu o infante D. Henrique. Com este casamento surgiu o tratado de Windsor que representava uma aliança militar entre Portugal e Inglaterra [12] [13].

A expedição a Ceuta, realizada em 1414, a mando de D. João I, foi comandada pelo infante D. Henrique, de apenas 20 anos. Este dirigiu-se à sua cidade natal onde organizou uma frota. Mais uma vez a população do Porto sentiu dificuldades, pois ofereceram toda a carne que tinham para a armada, ficando apenas com as tripas para si. O nome “tripeiros” teve origem neste acontecimento [12].

Existiu um crescimento da cidade nos séculos XIV e XV, dado que o Porto era um impulsionador da economia regional. Observou-se um melhoramento da rede viária, surgindo praças novas, mais largas. O crescimento da cidade começou a realizar-se além das muralhas no final do século XVIII.

O Porto esteve do lado de Prior de Crato contra o rei Filipe II de Espanha, na disputa pelo trono. Todavia, em 1580, o rei Filipe II de Espanha tornar-se-ia o rei Filipe I de Portugal. Com este acontecimento a população da cidade do Porto sofreu durante 60 anos, com o aumento do nível dos impostos. Por outro lado, a dominação espanhola trouxe um grande crescimento urbano e administrativo na cidade do Porto.

O arquiteto Nicolau Nasoni chegou à cidade em 1725. Deixou alguns legados, como por exemplo, a Torre dos Clérigos, Palácio do Freixo e fachada da igreja da Misericórdia. O desenvolvimento urbano ficou a cargo de João de Almada. Este prolongou as ruas, como a de S. João, Santa Catarina e Santo Ildefonso, sendo a malha urbana semelhante à atual. Foi também responsável pelo primeiro teatro lírico do Porto.

Em 1756, a população do Porto esteve contra o Marquês de Pombal que queria criar um monopólio britânico com o vinho do Porto [13].

Durante a invasão das tropas francesas de Napoleão, em 1807, o rei D. João VI fugiu para o Brasil. A segunda invasão francesa foi a que mais danos causou aos portuenses. Com o ataque das tropas, os habitantes da cidade, com medo da invasão, tentaram fugir pela ponte que unia as margens do Douro. Esta ponte era de madeira, e por isso, devido ao excesso de pessoas a passar por cima, a mesma partiu, caindo desta forma uma grande parte da população ao rio, causando centenas de mortes. A cidade foi saqueada pelos franceses, mas com a chegada do exército inglês as tropas francesas fugiram. Em 1811, os franceses são expulsos do país e D. João VI volta a ser rei de Portugal [12].

O Porto tem fama de ser liberal e progressista, pois sempre lutou pelos direitos dos civis. Ao longo do século XIX, viveram na cidade poetas e escultores de alguma importância.

D. Miguel planeou dois golpes de estado: a Vila Francada e a Abrilada. Estes ataques não tiveram sucesso, o que levou ao exílio de D. Miguel. D. Pedro, em 1826, aprova a Carta Constitucional, os miguelistas insatisfeitos iniciam uma guerra civil no país.

No ano de 1828, o Porto revoltou-se contra D. Miguel que chegara ao poder. Começaram a haver revoltas liberais, mas estas só surtiram impacto aquando da adesão de D. Pedro [12].

Em 1832, D. Pedro desembarca em Pampelido (desembarque do Mindelo). A cidade do Porto foi um grande apoiante de D. Pedro nas guerras entre liberais e absolutistas. Estas guerras duraram dois anos, deixando a cidade arruinada. Esta época ficou marcada por horrores e massacres. Quem sofreu com estas guerras foram os habitantes da cidade que já tinham problemas com a peste e a fome, e tiveram ainda de lidar com a guerra. Este cerco termina com a Vitória dos liberais. Esta vitória só foi conseguida pelo sacrifício dos habitantes da cidade que lutaram para defender a Carta Constitucional. D. Maria II torna-se rainha de Portugal. Devido à guerra existia, instabilidade a nível político.

O republicanismo começa a aparecer no país. O Porto é uma cidade fortemente industrializada, nas áreas do vinho, metalomecânica, têxteis e calçado. As pontes D. Maria e D. Luíz I são construídas. A cidade do Porto foi a primeira a eleger um deputado republicano do país. Assim começou o movimento republicano no Porto, que em 1899 elegeu três deputados republicanos. Com este movimento em 1908, deu-se o regicídio em Lisboa. Em 1910, a revolução republicana foi vitoriosa e com escassa resistência monárquica, pois a família real ter-se-ia refugiado em Inglaterra. Uma revolução em 1926 pôs fim à 1ª república, extinguindo-se os partidos políticos e instaurando-se uma ditadura militar.

Surgiu desta forma uma nova constituição em 1933, dando origem ao Estado Novo, sendo Oliveira Salazar a principal figura. No Porto surgem várias manifestações para pôr fim à guerra colonial. O Estado Novo chegaria ao fim, no 25 de Abril de 1974, restaurando-se assim a democracia, sendo o Porto como uma das cidades com movimento revolucionário para ajudar esta causa.

A Unesco em 1996 concedeu o estatuto à cidade de “Cidade Património Mundial”, justificado pela sua história muito interessante e com macros históricos, principalmente na parte antiga. Em 2001, foi construído o edifício da casa da música, o que veio a despertar na população um interesse pela 7ª arte. Este edifício foi construído em comemoração, uma vez que a cidade do Porto, juntamente com Roterdão, tinha sido considerada a Capital Europeia da Cultura.

Nos dias de hoje, a cidade do Porto é visitada por muitos turistas de diversas nacionalidades, embora economicamente esteja a ficar para trás em relação a Lisboa. Na figura seguinte visualiza-se a cidade do Porto atualmente [12].



Figura 2 – Vista da cidade do Porto [12].

2.2. CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO

A Câmara Municipal do Porto é um órgão que representa o Município do Porto. Esta instituição toma as decisões a serem implementadas na cidade. O presidente da Câmara é escolhido pelos habitantes da cidade.

A Câmara localiza-se na praça do General Humberto Delgado, também conhecida como Avenida dos Aliados. A construção do edifício começou no ano de 1920, prolongando-se ao longo dos anos, sendo a 24 de junho de 1957 a inauguração do edifício. Este foi projetado pelo Arquiteto Correia da Silva [14].

A arquitetura foi inspirada nos grandes palácios do norte de França e da Flandres. O edifício é conhecido como “Edifício dos Paços do Concelho do Porto”. Este é constituído por uma cave, seis pisos e pátios interiores. O custo da obra foi de 55 mil contos, que na altura da sua construção era um valor elevado sendo considerado como uma pequena fortuna. Tem uma área de 2438 m². Na figura seguinte visualiza-se o Edifício dos Paços.



Figura 3 – Câmara Municipal do Porto

Foi construído em granito, betão armado, mármore de diferentes cores e madeiras de carvalho e sucupira. O edifício tem amplas portas, janelas e varandas [14].

O atual presidente da Câmara Municipal do Porto é Rui Moreira, reeleito a 25 de outubro de 2017.

2.3. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A CMP divide-se em várias unidades orgânicas, abrangendo direções, departamentos e gabinetes municipais. Na figura seguinte está representado o organograma da CMP.

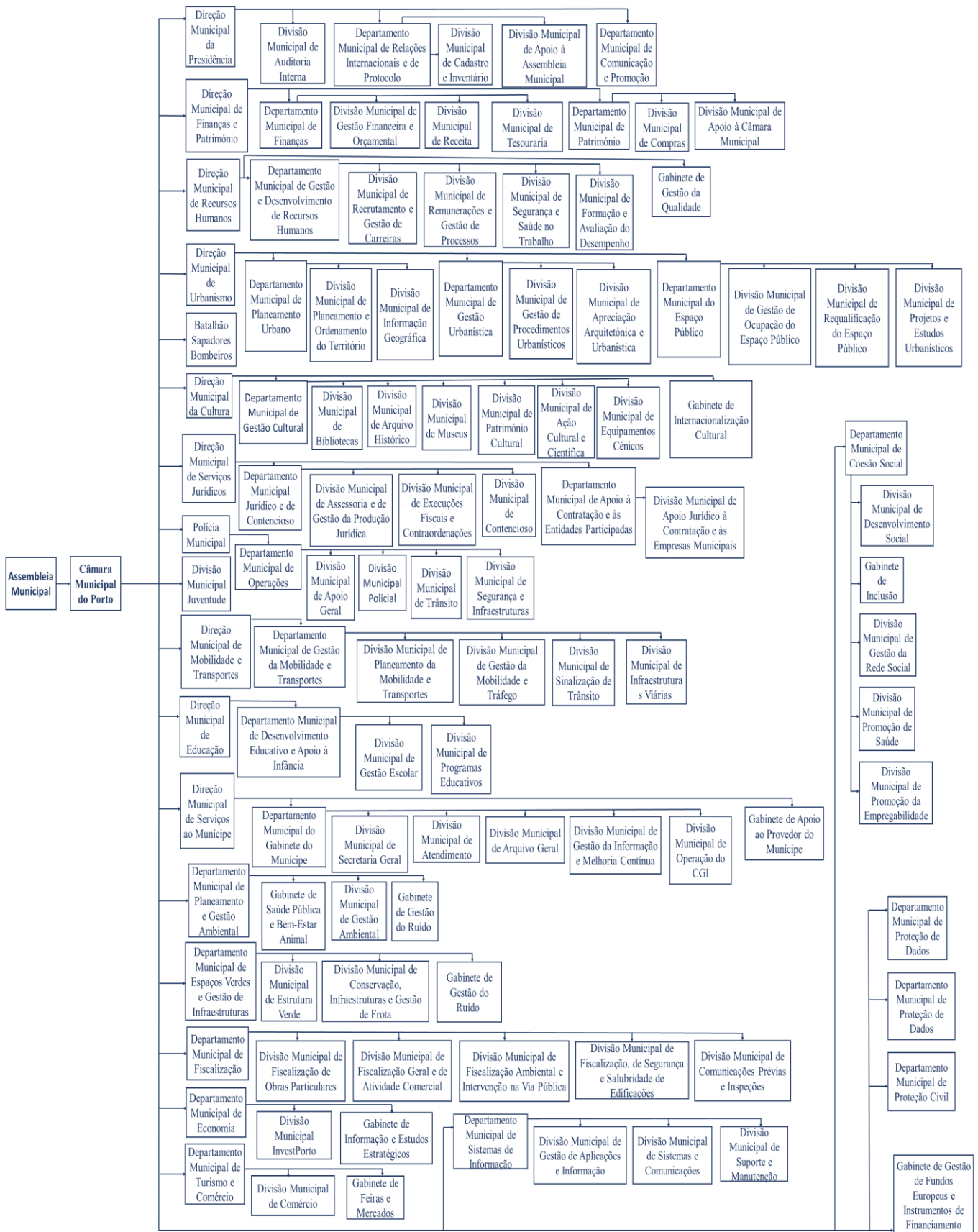


Figura 4 – Organograma da Câmara Municipal do Porto.

2.4. DIREÇÃO MUNICIPAL DA MOBILIDADE E TRANSPORTES

À Direção Municipal da Mobilidade e Transportes (DMMT) compete dar apoio ao executivo. Trata da implementação de estratégias e políticas de mobilidade, estacionamento e transportes. Tem como objetivo melhorar a eficiência energética. Toma decisões acerca das obras de manutenção da infraestrutura viária, realizadas por administração direta ou empreitadas. Dinamiza o uso de transportes públicos e promove a transferência modal. Também assegura a articulação do município com as diferentes entidades intervenientes nas políticas de mobilidade e transportes. Por último, avalia se existe necessidade de manutenção das infraestruturas viárias e respetiva sinalização.

2.4.1. ORGANIZAÇÃO

A estrutura organizacional da DMMT está representada na Figura 5.

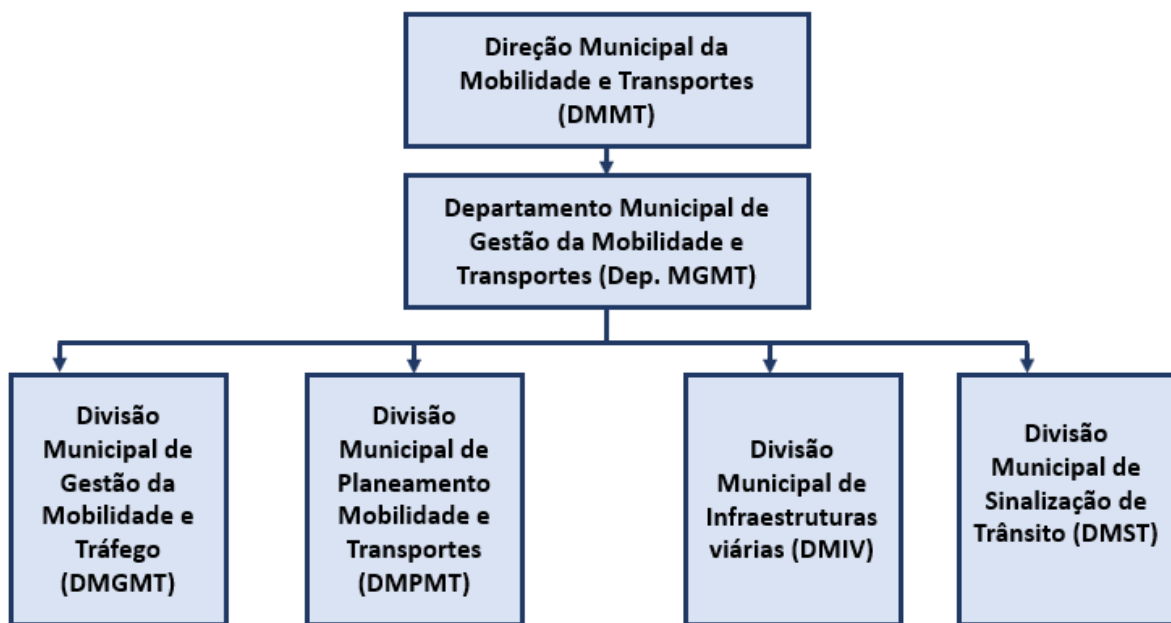


Figura 5 – Organograma da DMMT.

2.4.2. MISSÃO

À DMMT compete promover diretamente, ou sob a sua orientação, a implementação de estratégias e políticas de mobilidade, estacionamento, de eficiência energética e dinamização do uso dos transportes públicos. Compete ainda, a manutenção das infraestruturas viárias e respetiva sinalização e garantir o cumprimento da legislação em vigor e a prossecução do interesse público.

2.4.3. VISÃO

A DMMT ambiciona ser um serviço de referência da administração local, pela qualidade e eficiência das ações implementadas e dos serviços produzidos, nas diversas áreas da sua missão. Baseia-se em modelos de gestão eficientes, colaboradores motivados e com elevado sentido de serviço público

2.4.4. DIVISÃO MUNICIPAL DE GESTÃO DA MOBILIDADE E TRÁFEGO

Este trabalho foi desenvolvido na divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego. Segundo o despacho nº11482-C/2017, publicado na 2ª Série no diário da República a 29 de dezembro de 2017, compete ao DMGMT:

- Gerir o sistema de gestão de tráfego;
- Avaliar projetos de infraestruturas viárias, sinalização horizontal, vertical e luminosa no âmbito do licenciamento de operações urbanísticas;
- Elaborar e avaliar os projetos de sinalização horizontal, vertical e luminosa de iniciativa municipal;
- Elaborar modelos de tráfego e outras ferramentas de apoio à decisão;
- Gerir e executar os contratos de fornecimento e de prestação de serviços;
- Avaliar os processos de avenças em parques municipais;
- Gerir os parques de estacionamento municipais.

Este trabalho foi realizado em ambiente industrial através de um estágio curricular, com duração de 6 meses (março a setembro de 2019). Este tem grande interesse para a CMP.

3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo introduz-se a engenharia de tráfego, o conceito de mobilidade, modelação em transportes, sistemas inteligentes de transporte e metodologias de substituição de *outliers*.

3.1. ENGENHARIA DE TRÁFEGO

Segundo o *Institute of Traffic Engineers*, a engenharia de tráfego é o setor da engenharia que tem como finalidade o planeamento e o desenho geográfico das ruas, das estradas e dos terrenos marginais. A estes acrescem as operações de tráfego, que advêm da utilização do transporte de pessoas e mercadorias, tendo em conta a segurança e conveniência económica [15].

Desta forma, conclui-se que a engenharia de tráfego é fundamental para o sucesso de uma dada região, pois com um planeamento eficaz é possível melhorar a mobilidade urbana. Esta deve ter um custo razoável e um impacto mínimo. Se este planeamento não for bem implementado poderá originar congestionamento na rede, usos de solo indesejáveis, problemas ambientais e desperdício de recursos. Um bom planeamento de transporte passa pela estimação de padrões dos fluxos interzonais (viagens de veículos e pessoas) num determinado local, num determinado período de tempo. Também tem a finalidade de avaliar alternativas de investimentos na rede viária, com o objetivo de responder à procura viária de uma forma satisfatória [16] [17].

Para a realização de um bom planeamento de transportes são necessárias algumas etapas, sendo por isso, um processo complicado. As etapas necessárias são as seguintes [16]:

- Definição do problema;
- Delimitação de objetivos e critérios;
- Caracterização de procura e oferta de transportes;
- Recolha de dados;
- Desenvolvimento de alternativas e cenários;
- Avaliação das alternativas;
- Seleção do plano;
- Implementação do plano;
- Avaliação;
- Monitorização;
- Atualização.

A aplicação e a avaliação das políticas de planeamento de transportes tem como finalidade melhorar a mobilidade urbana e o seu sucesso depende dos modelos de transportes. Os modelos permitem a estimação do número de viagens que são ou irão ser realizadas num dado local e respetivos comportamentos no tempo e no espaço. Desta forma, os modelos têm um papel importante no processo, particularmente nas etapas de previsão e de avaliação. Estes são a base de sustentação dos planos de transporte, de estudos de impacto e de estudos de investimento [16] [18].

Um modelo de transportes baseia-se na representação dos diferentes elementos da infraestrutura de transportes (rede rodoviária, linhas de transporte público, gestão e controlo de tráfego) e nos fluxos de tráfego, de forma a que sejam obtidas as condições operacionais do sistema rodoviário. Com estes modelos é possível prever os fluxos de tráfego de uma rede de transportes.

Existem modelos matemáticos que descrevem o comportamento do fluxo de tráfego. Estes são uma condição para uma vasta quantidade de tarefas possíveis de simular. É possível simular o planeamento de transportes, vigilância e monitorização de tráfego, deteção de incidentes. A estes acresce o desenho sistemático de estratégias de controlo, simulação, previsão, análise de poluição produzida pelos sistemas de transporte e do seu impacto [19].

Os modelos de tráfego estão cada vez mais desenvolvidos, devido ao avanço tecnológico. A avaliação dos modelos não deve ser realizada pelo tamanho, nem pela sofisticação. A sua avaliação deve ser realizada pela capacidade de resposta, perante as adversidades, e na tomada de decisão [20] [21].

3.2. MOBILIDADE URBANA

Os transportes têm um papel importante na qualidade de vida das pessoas. Têm pontos positivos e negativos. Um ponto positivo dos transportes é que facilitam o deslocamento das pessoas de um certo ponto para outro. Por outro lado, o deslocamento também pode trazer coisas más, tais como, acidentes rodoviários, poluição sonora, poluição do ar e perdas do espaço público [22].

As deslocações para dentro das cidades têm vindo a aumentar. As pessoas têm optado por habitar nas periferias das grandes cidades, dado que o preço da habitação é menor. O deslocamento das pessoas para o centro das cidades tem um impacto negativo na sua qualidade de vida. Desta forma, cria-se um entupimento das vias, resultando congestionamentos, acidentes e problemas de saúde, como por exemplo, stress, ansiedade ou cansaço. Estas deslocações são possíveis devido à existência de infraestruturas. Atualmente existe uma rede rodoviária bem desenvolvida [22] [23].

O conceito de mobilidade advém destas deslocações. Esta refere-se à facilidade com que as pessoas se deslocam de um ponto para outro de modo a participar em diferentes atividades (casa, trabalho, educação, lazer e compras). Por vezes, este conceito é confundido com acessibilidade. A acessibilidade significa a capacidade de se alcançar bens e serviços. Um exemplo de acessibilidade é a impossibilidade de ter acessos às infraestruturas (ausência de calçadas, vias em mau estado) ou aos transportes públicos (operação precária, veículos velhos) [23].

As cidades precisam de dar suporte à mobilidade de modo a cumprir a sua função social, ou seja, maximizar a troca de bens e serviços e proporcionar o crescimento económico. Ao mesmo tempo, devem também limitar o crescimento de tráfego motorizado e os seus impactos negativos sobre as pessoas e o meio ambiente.

3.2.1. EVOLUÇÃO DA MOBILIDADE

O conceito de mobilidade tem vindo a evoluir. Hoje em dia, já não se trata apenas do movimento de pessoas de um ponto para o outro, sendo que agora este conceito envolve questões políticas. Com a evolução deste conceito a sua implementação variou.

No início, a única forma do homem se deslocar era a pé. Com a evolução dos tempos e das tecnologias, de modo a corresponder às necessidades das pessoas, foram surgindo meios de transporte mais rápidos, como por exemplo veículos motorizados e bicicletas. Tornou-se necessário o melhoramento das infraestruturas rodoviárias. Após estas mudanças, a prioridade passou a ser as viaturas motorizadas e os peões em último. Na figura seguinte visualiza-se um esquema acerca das prioridades da mobilidade.

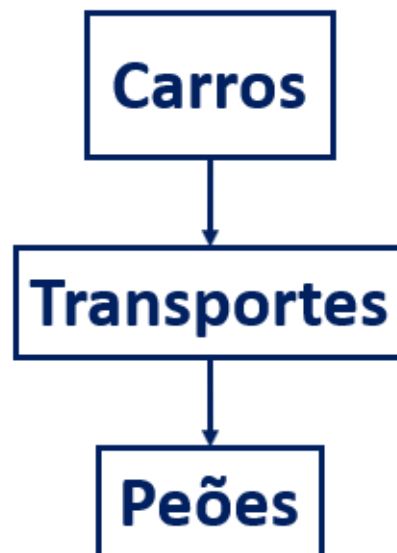


Figura 6 – Hierarquia das prioridades da mobilidade no início [23].

De modo a promover uma mobilidade sustentável, deu-se a inversão destas prioridades passando as viaturas motorizados para a última posição. Mobilidade sustentável significa ter capacidade de resposta para as necessidades das pessoas. Estas devem poder movimentar-se

livremente, aceder, comunicar, transacionar e estabelecer relações, sem pôr em causa outros princípios e valores humanos, e ecológicos, hoje e no futuro [23].

Desta forma, a mobilidade passou a ser mais centrada nas pessoas que se movimentam, sendo consideradas como o elemento principal na engenharia de tráfego e na política de desenvolvimento urbano. Na Figura 7 visualiza-se a nova hierarquia da mobilidade (prioridade diminui de cima para baixo).

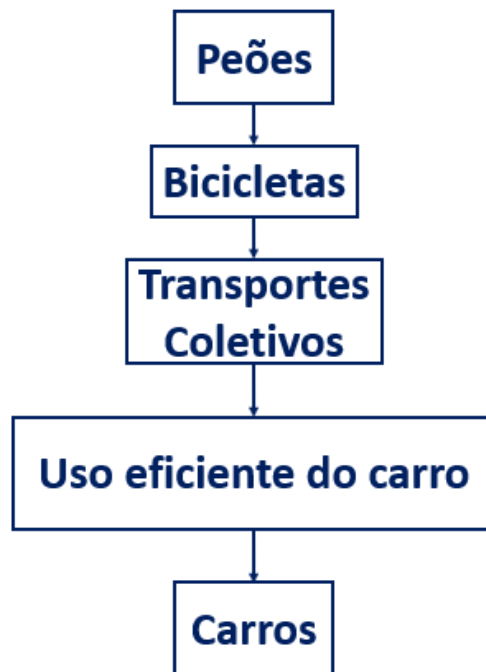


Figura 7 – Hierarquia da mobilidade [23].

3.3. MODELAÇÃO EM TRANSPORTES

A modelação de transportes baseia-se em modelos matemáticos, sendo o seu objetivo simular o comportamento do tráfego e os seus intervenientes. Estes modelos normalmente são sequências, onde se analisam um conjunto de situações relacionadas com as decisões dos utilizadores. Desta forma, é necessário estabelecer os pressupostos sobre como se processa a tomada de decisão, quais os fatores considerados e saber como reagir a situações imprevisíveis. Um ponto importante a considerar é a construção das matrizes origem-destino (OD) [16].

O estudo de viagens origem-destino é importante para o planeamento urbano e para os sistemas de transporte. A matriz OD é usada para obter a informação de viagens existentes e estimar o movimento do transporte numa dada região. Nestas matrizes as linhas correspondem à origem e as colunas ao destino. Em cada elemento a_{ij} da matriz, insere-se o número de viagens realizadas entre a origem i (linha) e o destino j (coluna), na janela temporal definida para a matriz. A figura seguinte representa uma matriz OD [24].

$$\begin{array}{c|cccccc}
 \text{Origem} & 1 & 2 & \dots & j & \dots & z & \sum_j T_{ij} \\
 \hline
 1 & t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1j} & \dots & t_{1z} & O_1 \\
 2 & t_{21} & t_{22} & & t_{2j} & & t_{2z} & O_2 \\
 \vdots & \vdots & & & & & & \\
 i & t_{i1} & t_{i2} & & t_{ij} & & t_{iz} & O_i \\
 \vdots & \vdots & & & & & & \\
 z & t_{z1} & t_{z2} & & t_{zj} & & t_{zz} & O_z \\
 \sum_i T_{ij} & D_1 & D_2 & & D_j & & D_z & \sum_{ij} T_{ij} = T
 \end{array}$$

Figura 8 – Matriz OD [25].

Recorrendo a esta matriz consegue-se realizar o planeamento, avaliação de alternativas e a simulação de fluxos de tráfego. Também tem um papel importante na avaliação de investimento em transportes.

Na construção de uma matriz OD, deve-se ter em conta outros parâmetros, tais como os locais de recolha de dados e o momento exato. É ainda necessário realizar entrevistas, fazer a monitorização de imagens e estudar as atividades das forças de segurança. Devido a estes parâmetros, a recolha de dados não é realizada com muita exatidão. Para resolver este problema recorre-se a métodos de atualização de matrizes OD, economizando-se tempo e recursos [24].

Existem vários métodos para atualização de matrizes OD. Estes podem ser agrupados consoante a existência ou não de erros nas contagens recolhidas e de congestionamento nas redes. A figura seguinte apresenta os métodos de atualização de matrizes a partir de volumes de tráfego reais [16].

Método	Erros nas Contagens	Redes Congestionadas
Técnicas de Inferência Estatística - Maher (1983) - Cascetta (1984) - McNeil (1985) - Spiess (1987)	Sim	Não
Máxima Entropia/Minimização da Informação - ME2: Willumsem (1981); Van Zuylen, Willumsem (1980)	Não	Não
Métodos sequenciais - A/ME2: Willumsem (1981) - Oh (1991) - Fisk (1988, 1989)	Não	Sim
Métodos sequenciais - Yang (1992) - Spiess (1990) - Floarina, Chen (1993) - Heydecker (1995)	Sim	Sim

Figura 9 – Métodos de atualização de matrizes [16].

O *Simulation of Urban MObility* (SUMO), TransCAD e Visum, são exemplos de *softwares* de atualização de matrizes OD.

O modelo deve ser analisado em áreas pequenas, pois deste modo é possível identificar a origem e destino das viagens. É impossível analisar cada viagem individualmente, porque existe uma grande quantidade de origens e destinos. Os modelos de transportes utilizam áreas geográficas com características semelhantes, sendo estas conhecidas por “zonas”. As viagens começam e terminam no centro de atividade da “zona”, a este ponto chama-se “centroide”. A dimensão das “zonas” irá depender do tipo de estudo que se pretende. Normalmente, em meios urbanos têm menor dimensão do que em meios rurais.

Os modelos que utilizam o conceito de “zona” não têm em conta as viagens que começam e acabam na mesma zona. Estes modelos só têm em conta as viagens que começam e acabam em zonas diferentes. Desta forma, o tamanho das zonas é importante para determinar a representação da realidade e a fiabilidade. Se as “zonas” forem de grande dimensão, a estimação do fluxo de tráfego tem pouca precisão, embora a matriz OD seja mais fiável. Por outro lado,

se as zonas forem pequenas, a matriz OD apresenta um baixo número de entradas tendo pouca fiabilidade nas estimativas dos fluxos.

O desenvolvimento dos modelos de transportes baseia-se na representação da respetiva infraestrutura de transportes. Esta é realizada pela introdução de uma rede, sendo esta constituída por “arcos”. Estes últimos, por sua vez, representam os segmentos de vias rodoviárias ou linhas de transportes públicos. Também é constituída por “nós”, que definem as intersecções ou identificam pontos da rede onde existam discontinuidades. Por último, as redes são constituídas por “centroides”, que se encontram ligados à rede pelos conectores. Na figura seguinte está representada uma rede de transportes.

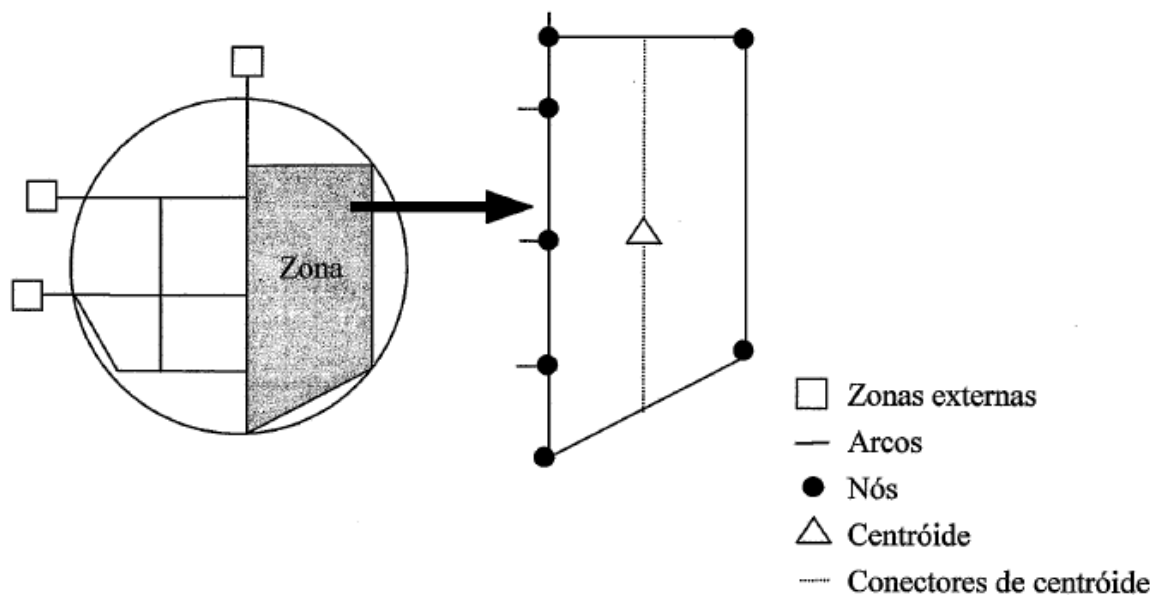


Figura 10 – Representação esquemática de uma rede de transportes [16].

Na definição dos “arcos” deve-se identificar o nó inicial, o nó final, os tempos de deslocamentos ou as velocidades em determinadas condições de tráfego, a capacidade e os sentidos de circulação. No caso dos “nós”, deve-se identificar a sua localização geográfica e as características operacionais das intersecções. Utilizando a representação de uma rede consegue-se simular as viagens ao longo da rede formada por arcos e nós [16].

3.4. MODELOS DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

Com os modelos de simulação de tráfego consegue-se obter melhor ou pior nível de precisão entre a interação dos veículos com as infraestruturas, os operadores e os veículos. As condições de circulação definidas numa rede são caracterizadas pela relação oferta/procura. A variação das condições é de carácter dinâmico. O desempenho da rede pode ser representado, tanto ao nível do tempo como do espaço, dividindo o tempo em pequenos intervalos [26].

Os modelos são classificados de acordo com diferentes abordagens:

- **Nível de detalhe** - macroscópicos, mesoscópicos e microscópicos;
- **Escala temporal** - contínuos, discretos;
- **Representação do processo** - determinística, estocástica.

3.4.1. NÍVEL DE DETALHE

Na Figura 11 estão apresentados os diferentes tipos de nível de detalhe:

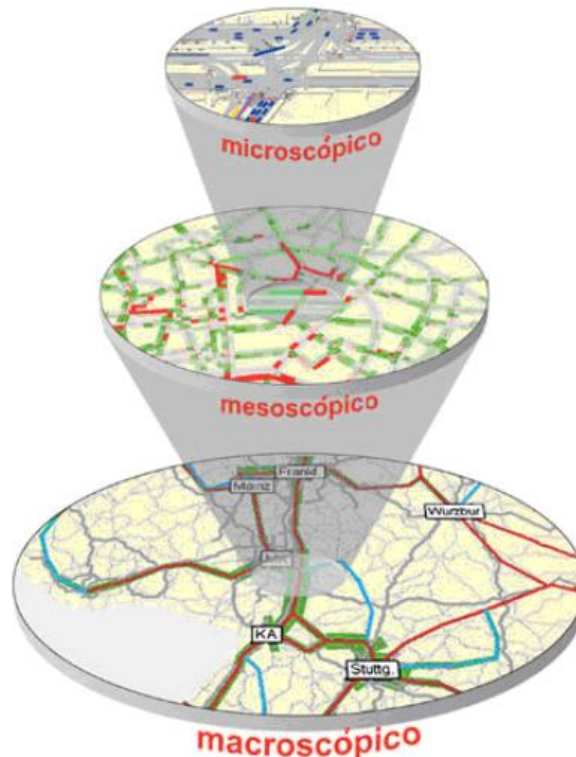


Figura 11 – Nível de detalhe [26].

3.4.1.1. MACROSCÓPICOS

Os modelos macroscópicos representam de forma simplificada a realidade. Estes caracterizam-se pela análise integrada das correntes de tráfego. As entidades e interações têm um nível de detalhe baixo. As correntes de tráfego que relacionam as grandezas macroscópicas, a diferentes abordagens de circulação rodoviária são [27] [28]:

- Débito;
- Velocidade média no espaço;
- Densidade;
- Taxa de ocupação.

DÉBITO

O número de veículos que passam numa dada secção de estrada, durante um período de tempo, define-se por débito. A unidade do débito é de veículos por hora (veic/h). O débito representa-se pela seguinte equação:

$$q(t_1, t_2, X) = \frac{n(t_1, t_2, X)}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

onde:

Tabela 1 – Parâmetros para determinar o débito.

Símbolo	Designação
$q(t_1, t_2, X)$	Débito da secção X
$n(t_1, t_2, X)$	Número de veículos que passam na secção X
$t_2 - t_1$	Intervalo de tempo $t_2 - t_1$

As variáveis do débito e do volume de tráfego são idênticas. No caso do débito, este corresponde ao número de veículos que passam num intervalo de tempo inferior a uma hora. Por outro lado, o volume de tráfego corresponde ao número de veículos que passam num intervalo de tempo igual ou superior a uma hora.

VELOCIDADE MÉDIA NO ESPAÇO

A velocidade média no espaço corresponde à média ponderada das concentrações das velocidades dos veículos observadas num arco rodoviário. Esta é dada em unidade de distância por unidade de tempo e representa-se pela seguinte equação:

$$u_s = \frac{\sum k_i u_i}{\sum k_i} \quad (2)$$

onde:

Tabela 2 – Parâmetros para determinar a velocidade média no espaço.

Símbolo	Designação
u_s	Velocidade média no espaço
k_i	Densidade dos veículos com velocidade i
u_i	Velocidade individual dos veículos i

Existe outro ponto a ter em conta, a velocidade média no tempo. Define-se pela média ponderada dos veículos que passam numa dada secção, num dado intervalo de tempo. Esta representa-se pela seguinte equação:

$$u_t = \frac{\sum q_i u_i}{\sum q_i} \quad (3)$$

onde:

Tabela 3 – Parâmetros para determinar a velocidade média no tempo.

Símbolo	Designação
u_t	Velocidade média no tempo
q_i	Débito no arco rodoviário i
u_i	Velocidade média dos veículos no arco rodoviário i

DENSIDADE

A densidade corresponde à distribuição dos veículos no espaço, num arco rodoviário e esta mede-se pelo número de veículos por unidade de comprimento. A densidade é representada pela seguinte equação:

$$k(x_1, x_2, t) = \frac{n(x_1, x_2, t)}{x_2 - x_1} \quad (4)$$

onde:

Tabela 4 – Parâmetros para determinar o débito.

Símbolo	Designação
$k(x_1, x_2, t)$	Densidade no arco rodoviário
$n(x_1, x_2, t)$	Número de veículos presentes no arco rodoviário
$x_2 - x_1$	Comprimento do arco rodoviário

TAXA DE OCUPAÇÃO

A taxa de ocupação representa a percentagem de tempo em que o sensor está ativo, pela passagem de veículos, é dada por:

$$\phi = \frac{\sum t_i}{T} \times 100 \quad (5)$$

onde:

Tabela 5 – Parâmetros para determinar a taxa de ocupação.

Símbolo	Designação
ϕ	Taxa de ocupação
t_i	Tempo em que o sensor está ativo pela passagem do veículo i
T	Tempo da amostra

RELAÇÃO FUNDAMENTAL DAS CORRENTES DE TRÁFEGO

Com esta lei estabelece-se uma relação entre o débito, velocidade e densidade. O débito e a densidade totais são representadas pelas seguintes equações:

$$q = \sum q_i \quad (6)$$

$$k = \sum k_i \quad (7)$$

onde:

Tabela 6 – Relação entre débito e densidade.

Símbolo	Designação
q	Débito total correspondente às correntes de tráfego elementares
k	Densidade total no arco rodoviário às correntes de tráfego elementares
q_i	Débito de uma corrente de tráfego elementar i
k_i	Densidade de uma corrente de tráfego elementar i

A partir das equações (6) e (7) estabelece-se a relação fundamental das correntes de tráfego, dada pela seguinte equação:

$$q_i = k_i u_i \Rightarrow u_s = \frac{q}{k} \quad (8)$$

onde:

Tabela 7 – Parâmetros da relação fundamental de tráfego.

Símbolo	Designação
q_i	Débito de uma corrente de tráfego elementar i
k_i	Densidade de uma corrente de tráfego elementar i
u_i	Velocidade média de uma corrente de tráfego elementar i
u_s	Velocidade média no espaço de uma corrente de tráfego elementar i

Conhecendo duas variáveis, com esta equação consegue-se deduzir qualquer uma das outras variáveis.

3.4.1.2. MESOSCÓPICOS

Os modelos mesoscópicos representam grande parte das entidades, com um nível de detalhe elevado. Por outro lado, as atividades e interações, têm um nível de detalhe baixo. Este modelo tem uma abordagem um pouco mais precisa do que o modelo anterior. O modelo combina os aspectos dos modelos macroscópicos e microscópicos. A utilização destes modelos traz vantagens na altura da tomada de decisão nos setores de transportes. Conseguem modelar o comportamento em redes rodoviárias com mais precisão que os modelos macroscópicos [29].

3.4.1.3. MICROSCÓPICOS

Os modelos microscópicos têm a capacidade de analisar sistemas de transportes complexos. Permitem analisar a dinâmica individual de cada veículo. Estes modelos também são importantes na análise das correntes de tráfego. Analisam o tráfego detalhadamente, identificando a dinâmica individual de cada veículo na rede. Este modelo baseia-se na interação entre veículos, pois considera que o condutor reage conforme o condutor do veículo à sua frente. Este modelo tem três submodelos, o modelo da distância segura, o modelo estímulo-resposta e o modelo do espaço [20].

As correntes de tráfego que relacionam as grandezas microscópicas, em diferentes abordagens de circulação rodoviária são [28]:

- Tempo entre veículos;
- Distância entre veículos;
- Velocidade individual.

TEMPO ENTRE VEÍCULOS

O tempo entre veículos define-se pelo intervalo de tempo, num local fixo, onde ocorre a passagem de pontos homólogos dos veículos entre os instantes. Por norma, um dos pontos de referência é o pára-choques ou uma das rodas dianteiras. A figura seguinte apresenta o diagrama de espaço-tempo, onde se pode observar a trajetória de dois veículos.

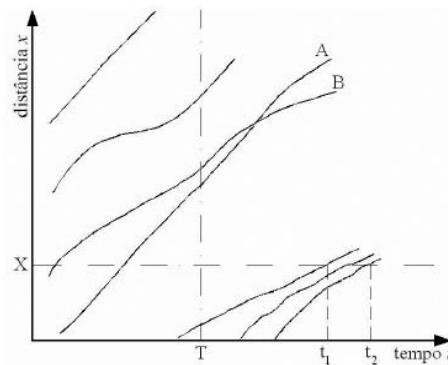


Figura 12 – Diagrama espaço-tempo [28].

A equação que define este diagrama é a seguinte:

$$h_{i+1} = t_{i+1} - t_i \quad (9)$$

onde:

Tabela 8 – Parâmetros para determinar o tempo entre veículos.

Símbolo	Designação
h_{i+1}	Tempo entre veículos
t_i, t_{i+1}	Instante de passagem do veículo $i, i+1$

O tempo entre veículos tem grande utilidade nos estudos de segurança rodoviária, na distinção entre veículos que circulam em regime livre e em regime congestionado, na regulação de sinais luminosos e nos estudos de prioridade nos cruzamentos.

DISTÂNCIA ENTRE VEÍCULOS

A distância entre veículos define-se por uma distância medida entre pontos homólogos de dois veículos sucessivos, num dado instante. Os pontos homólogos são os mesmos que foram mencionados anteriormente. Na figura seguinte observa-se o espaço livre entre os veículos i e $i+1$ e o comprimento do veículo i .

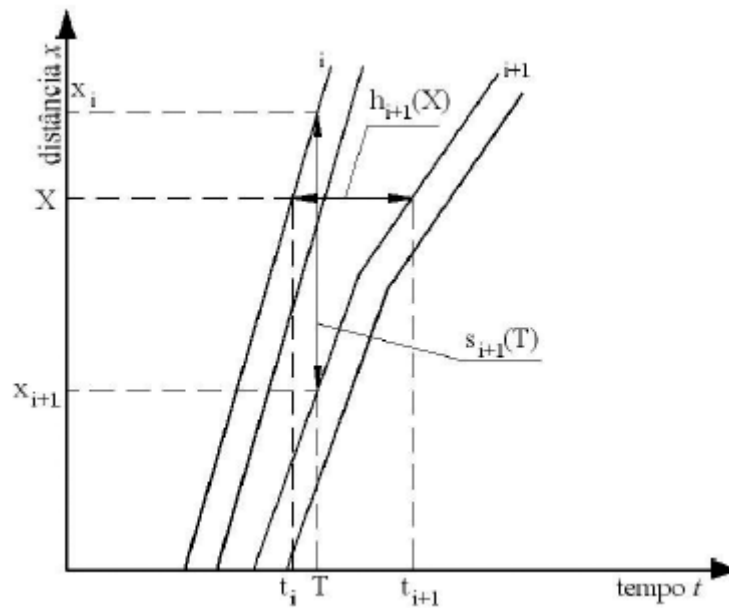


Figura 13 – Tempo e distância entre veículos [28].

Sendo que, a equação matemática que define a distância entre veículos é a seguinte:

$$S_{i+1} = X_i - X_{i+1} \quad (10)$$

onde:

Tabela 9 – Parâmetros para determinar a distância entre veículos.

Símbolo	Designação
S_{i+1}	Distância entre veículos associada ao veículo $i+1$
X_i, X_{i+1}	Distância à origem do veículo $i, i+1$

A distância entre veículos é um processo complicado devido à dificuldade de recolha de dados, sendo desta forma pouco utilizado. Mas com este processo é possível estabelecer uma intuição quanto ao valor máximo de débito característico de uma determinada secção urbana.

VELOCIDADE INDIVIDUAL

Uma das variáveis mais importantes das correntes de tráfego é a velocidade. Sabendo a velocidade consegue-se definir o nível de serviço de uma estrada. A velocidade dos veículos que passam num determinado local, ao longo do tempo, não é constante, por isso a velocidade é uma variável aleatória. As leis de distribuição utilizadas nos estudos da velocidade são: distribuição normal, lognormal e de *Erlang*.

Em alguns casos de estudo de tráfego, o registo contínuo da velocidade durante um percurso é importante. Com este registo consegue-se obter o perfil de velocidade, indicado num sistema de eixos. O eixo das coordenadas é a velocidade e o eixo das abcissas representa a distância percorrida. Existe uma distinção entre velocidade de percurso e velocidade de marcha. Na primeira tem-se em conta o tempo em que o veículo está parado. No caso da velocidade de marcha no tempo só se considera o tempo em que o veículo está em movimento [28].

3.4.2. ESCALA TEMPORAL

Os modelos de simulação de tráfego distinguem-se em modelos estáticos ou dinâmicos. No caso dos modelos estáticos, as variáveis, como a procura, mantêm-se constante ao longo do tempo, num determinado intervalo de estudo. Nos modelos dinâmicos os valores sofrem alterações ao longo do tempo. Em casos práticos, os modelos dinâmicos são mais utilizados, dado que a maioria dos sistemas rodoviários apresenta uma filosofia dinâmica [29].

- **Modelos contínuos:** mudanças do tráfego ao longo do tempo, num sistema de solicitações contínuas;
- **Modelos discretos:** mudanças do tráfego de forma descontínua ao longo do tempo, em intervalos de tempo discretos.

3.4.3. REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO

A representação do processo pode ser realizada baseando-se em dois tipos de abordagens: modelos estocásticos e modelos determinísticos. No caso dos modelos estocásticos, estes refletem a natureza aleatória e probabilística das variáveis intervenientes. Por outro lado, os modelos determinísticos, consideram o comportamento igual para todos os intervenientes. Desta forma, as variáveis do processo são descritas de forma analítica, não tendo em conta a aleatoriedade [26].

3.5. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Os ITS apareceram no início do século XX. Tiveram uma evolução lenta, devido à carência de tecnologia, todavia com o avanço tecnológico, têm vindo a melhorar a sua performance. O desenvolvimento dos ITS passou por três fases distintas, estando os principais desenvolvimentos associados a países como EUA, Europa e Japão [30] [31].

A primeira fase (preparação) decorreu entre 1930 a 1980. Nesta fase verificou-se que não existia tecnologia para o desenvolvimento dos ITS. Desta forma, a construção de novas estradas era a alternativa mais apelativa. Em 1928 apareceu o primeiro sistema ITS que consistiu na criação de semáforos. O conceito de estradas automatizadas surgiu em 1939, na cidade de Nova Iorque. A época de 70 do séc XX foi muito importante para o desenvolvimento dos ITS, pois o GPS começou a ser desenvolvido.

A segunda fase (Estudo de viabilidade) decorreu entre 1980 a 1995. Nesta fase surgiram vários programas de desenvolvimento. A evolução tecnológica que aconteceu na fase anterior ajudou na criação destes programas.

Por último, na fase “Desenvolvimento de produtos”, criam-se produtos de alta qualidade para os ITS. Alguns produtos ainda estão em desenvolvimento. Com o avanço tecnológico os sistemas ITS vão ser cada vez mais eficazes e eficientes, obtendo desta forma uma melhor performance [30]. Na figura seguinte visualiza-se a história do desenvolvimento dos sistemas ITS.

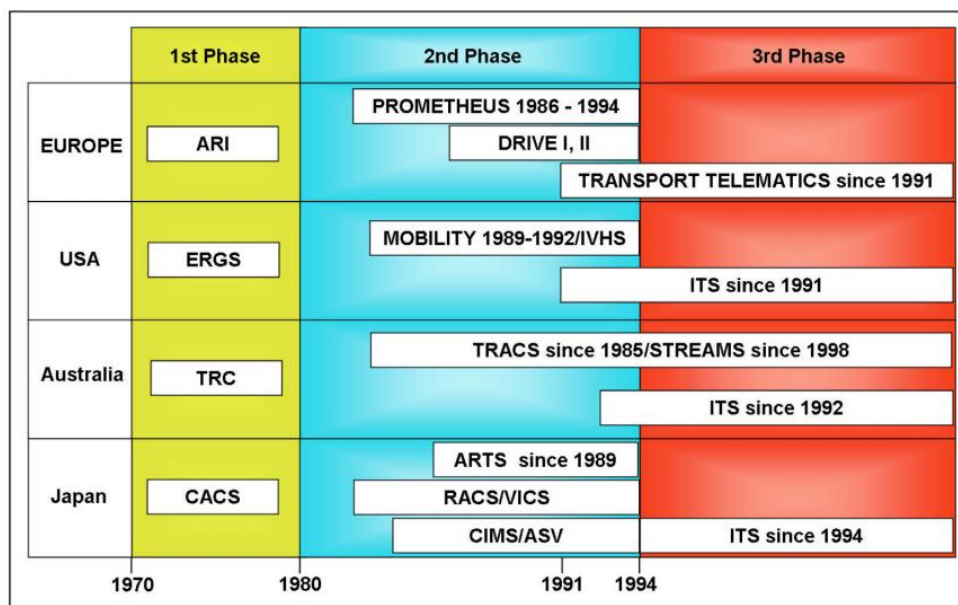


Figura 14 – História do desenvolvimento dos sistemas ITS [31].

O número de veículos tem vindo a aumentar, o que tem proporcionado um aumento do nível de congestionamento e um maior número de acidentes rodoviários. Em 2015, os acidentes rodoviários eram uma das principais causas de morte entre os 15 e os 29 anos [32].

Os sistemas ITS têm auxiliado na resolução destes problemas. Estes têm como objetivo melhorar a segurança e as redes rodoviárias, melhorando desta forma o tráfego. Com estes sistemas consegue-se controlar, gerir e monitorizar os diferentes elementos das estradas [33].

As instituições municipais recorrem a estes sistemas de modo a melhorar a eficiência rodoviária. Devido à falta de recursos, a construção de novas infraestruturas está fora de questão e com a utilização destes sistemas consegue-se os níveis de serviço desejados [31].

Em suma, os sistemas ITS são um conjunto de tecnologias que têm como finalidade a gestão de sistemas de transportes. Na Figura 15 observa-se alguns intervenientes dos sistemas ITS.

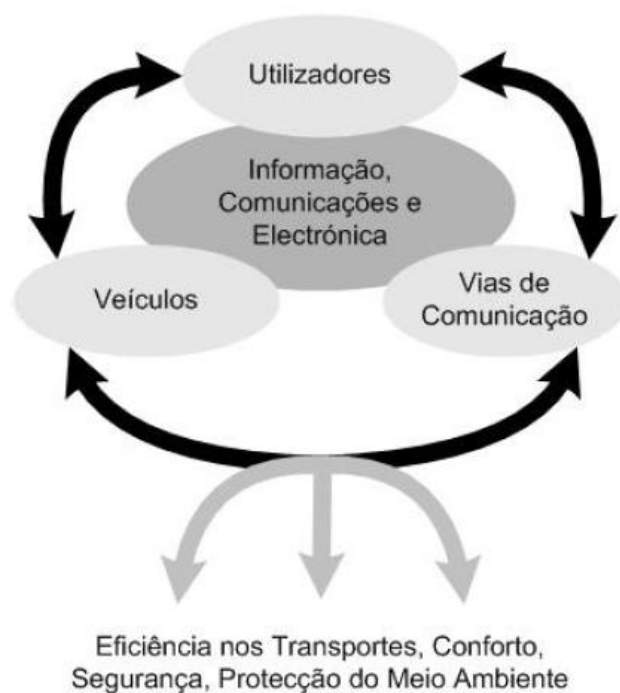


Figura 15 – Sistema Inteligente de Transporte [9].

3.5.1. SENSORES DOS SISTEMAS ITS

Os sensores do sistema ITS recolhem dados sobre o comportamento de uma rede viária. Existem dois tipos de sensores ITS: sensores intrusivos e sensores não intrusivos.

Os sensores intrusivos têm um custo de instalação elevado, mas têm um bom nível de precisão. São instalados nos pavimentos. Estes sensores podem ser divididos em quatro tipos: sensores magnéticos, sensores de tubos pneumáticos espiras eletromagnéticas e piezelétrico [34].

Os sensores magnéticos estão instalados nas estradas e são ligados as unidades de processamento. Estes são utilizados para detetar veículos, quando existe uma mudança do campo magnético. Recolhem informações acerca do fluxo de tráfego e a velocidade dos veículos. Este tipo de sensores é ideal para instalar em pontes. Estes sensores têm desvantagens como por exemplo, a necessidade de se fazer um buraco para instalar estes sensores e a incapacidade de detetar veículos parados [35].

Os sensores de tubos pneumáticos são colocados nas faixas de rodagem, a informação recolhida é transmitida para as unidades de processamento. Este tipo de sensores tem como finalidade contabilizar/classificar o número de veículos que passam num determinado local. O sensor fica

ativo quando o pneu de um determinado veículo passa por cima do sensor, criando uma pressão de ar, o que origina um sinal elétrico. Este sinal é transmitido para as unidades de controlo.

As espiras eletromagnéticas são as mais comuns no monitoramento do tráfego. Estas são constituídas por um fio enrolado formando um circuito fechado, que mede as alterações das propriedades elétricas do circuito. Ao passar um veículo por cima do sensor vai produzir-se uma corrente elétrica, que é posteriormente enviada para as unidades de processamento. Normalmente, estes sensores são instalados debaixo da estrada. Este sensor é utilizado para obter informações sobre o fluxo do tráfego, velocidade do veículo e contabiliza o número de veículos que passam. Apresenta algumas desvantagens, tais como, o facto de ser necessário instalar muitas espiras para se conseguir uma boa recolha de dados. Outro problema é a precisão das classes dos veículos e a instalação/manutenção que requer o corte da estrada.

Os sensores piezelétricos são instalados no pavimento e detetam a passagem de veículos e fazem a monitorização da velocidade do tráfego. Estes sensores ficam ativos quando um veículo passa por cima deles e cria uma mudança de tensão. Têm capacidade de recolher dados até quatro faixas de rodagem. Na figura seguinte estão representados alguns dos sensores intrusivos mencionados.

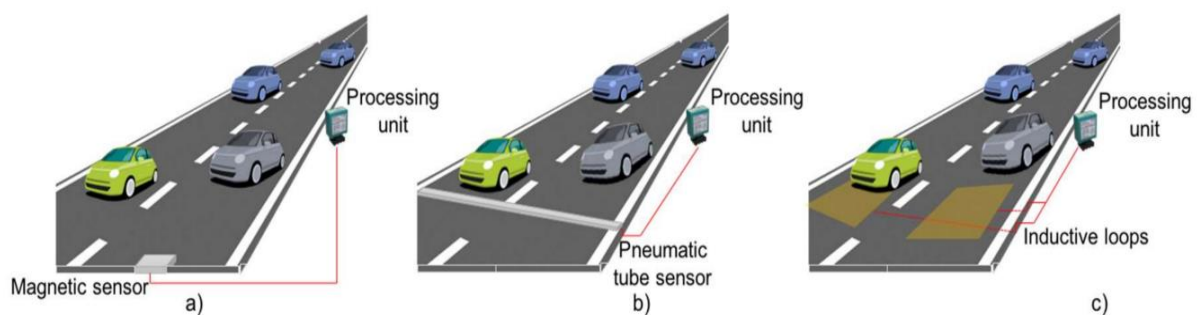


Figura 16 – Sensores intrusivos (sensores magnéticos, sensores de tubos pneumáticos e espiras eletromagnéticas) [34].

Os sensores não intrusivos têm a mesma capacidade dos sensores intrusivos, porém a recolha de dados é realizada com menor dificuldade. Estes podem ser instalados em diversos locais, a sua instalação é cara e estes são afetados por condições atmosféricas, como por exemplo, neve, chuva e neblina. Os dados de tráfego devem ser de extrema precisão para que sejam tomadas decisões acerca das condições do tráfego. Este tipo de sensores são mais facilmente

identificados pelos condutores, o que leva a que os mesmos tenham comportamentos mais cuidadosos na sua condução. Ao acontecer isto, torna-se impossível recolher uma amostra com dados reais, sendo este um dos problemas deste tipo de sensores. Estes sensores são utilizados para dar informações acerca das filas de semáforo, condições do tráfego, condições meteorológicas, condições do pavimento e ocorrências de acidentes. Podem ser divididos em sete tipos: sistema de processamento de imagem de vídeo, radares, sensores infravermelhos, sensores ultrassónicos, sensores RFID, sensores acústicos e sensores que informam sobre as condições da estrada.

O sistema de processamento de imagem de vídeo é constituído por câmaras de vídeo, um computador que processa as imagens recolhidas e um *software* que analisa as imagens e as converte em dados de tráfego. As câmaras de vídeo são instaladas de modo a obter imagens das faixas de rodagem. É possível analisar o tráfego num determinado momento, consegue-se também detetar veículos em múltiplas faixas de rodagem, a velocidade a que os veículos se deslocam, quantos veículos passam e o fluxo de tráfego daquele local. Este sistema tem algumas desvantagens tais como: quando é efetuada a instalação/manutenção é necessário fechar a estrada, sensibilidade a problemas meteorológicos e criação de sombras criadas por veículos ou existência de poeira na lente [34].

Os radares conseguem medir o volume de veículos, a velocidade a que os veículos se deslocam, em que direção se movimentam os veículos e têm um papel importante na gestão dos semáforos. Estes transmitem a informação através de micro-ondas de baixa frequência que é refletida pelos veículos na zona de funcionamento. Existem dois tipos de radares: sistema Doppler e radar de ondas contínuas. No caso do sistema de Doppler utilizam-se a mudança de frequência para detetar o número de veículos que passam, assim como a velocidade, com muita precisão. Por outro lado, o radar de ondas contínuas é modulado por uma frequência contínua onde as ondas são irradiadas com uma potência contínua. Os radares têm uma instalação fácil, podem funcionar de noite e de dia e recolhem dados com boa precisão. Uma das desvantagens é que a recolha de dados pode conter erros devido à vulnerabilidade em relação a interferências magnéticas. Acresce o facto de que com a utilização do sistema Doppler não se consegue “sentir” veículos imóveis.

Os sensores infravermelhos convertem energia refletida em sinais elétricos, enviando-os, para a unidade de processamento. Estes sensores identificam os veículos através da energia gerada do veículo. Existem dois tipos de sensores infravermelhos: sensores infravermelhos passivos e infravermelhos ativos. Os sensores infravermelhos passivos conseguem detetar veículos baseando-se na emissão ou reflexão de radiação infravermelha. Este tipo de sensores consegue recolher dados relativamente ao volume de tráfego, taxa de ocupação e à presença do veículo. No caso dos sensores ativos, são utilizados díodos emissores de luz (LED) ou díodos para medir o tempo de reflexão. Com este tipo de sensores consegue-se recolher dados sobre a velocidade, densidade de tráfego. Um problema que estes sensores apresentam é que na instalação/manutenção, a faixa de rodagem tem de ser fechada.

Os sensores ultrassónicos conseguem contabilizar o número de veículos, a taxa de ocupação, a presença do veículo e a velocidade. Estes calculam a distância entre dois objetos baseando-se no tempo decorrido entre uma onda sonora transmitida. Esta onda tem frequências compreendidas entre 25 e 50 kHz. Uma desvantagem deste tipo de sensores é a sensibilidade a problemas meteorológicos [34].

Os sensores RFID utilizam-se para a identificação automática de veículos que circulam na estrada e têm um papel importante no estacionamento inteligente.

Os sensores acústicos são utilizados para obter informações acerca da presença do veículo, da velocidade do veículo, volume de tráfego e da taxa de ocupação. Estes são constituídos por um conjunto de microfones, que têm como finalidade detetar o aumento da energia sonora produzida por um veículo, que se aproxime da zona de funcionamento do sensor. As espiras indutoras vão ser substituídas por este tipo de sensores, no que diz respeito à recolha de dados sobre o volume de tráfego, taxa de ocupação e velocidade média dos veículos. Uma desvantagem é que a recolha de dados pode conter erros, caso se encontrem em funcionamento num dia com temperatura baixa.

Os sensores que informam sobre as condições da estrada têm como principal objetivo a segurança rodoviária. Neste tipo de sensores utiliza-se tecnologia laser e infravermelha para obter-se informação sobre as condições da estrada, tais como, temperatura, aderência da estrada e o tempo meteorológico. Um problema deste tipo de sensores é que necessitam de uma manutenção periódica para manterem um bom nível de desempenho. Na figura seguinte estão representados alguns exemplos dos sensores não intrusivos mencionados.

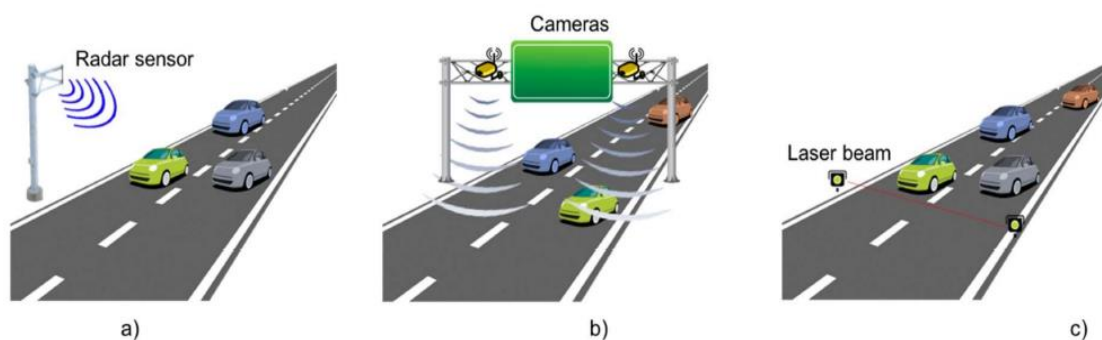


Figura 17 – Sensores não intrusivos (radares, sistema de processamento de imagem de vídeo e sensores infravermelhos) [34].

Muitos destes sensores estão instalados nas vias rodoviárias, mas para se realizar uma recolha de dados estáveis é necessário realizar uma calibração correta dos mesmos. Uma má calibração dificulta a evolução dos ITS. Os ITS utilizam todos os tipos de sensores de modo a obter uma avaliação duma determinada situação. Com a utilização dos dados recolhidos espera-se uma resposta rápida e eficaz por parte dos ITS.

3.5.2. CATEGORIAS ITS

Os ITS estão em constante crescimento, o que promove a um aumento de serviços/aplicações desenvolvidas. Deste modo, a *International Organization Standardization* implementou uma nomenclatura para os serviços/aplicações do ITS. Os serviços podem ser divididos em várias categorias, tais como: gestão de tráfego, informação para viajantes, sistema avançado de controlo de veículos, operação de veículos comerciais, transportes públicos, gestão de emergências, pagamento eletrónico e segurança [9].

A gestão de tráfego tem as seguintes aplicações: apoio ao planeamento de transportes, controlo de tráfego, gestão de incidentes, gestão da procura, política de regulamentos de trânsito, gestão da manutenção de infraestruturas.

A informação de viajantes tem as seguintes aplicações: informação antes da viagem, informação durante a viagem, informação durante a viagem em transportes públicos, serviços de informação pessoais, planeamento de rotas e apoio à navegação.

O sistema avançado de controlo de veículos tem as seguintes aplicações: melhoria da visão, operação de veículos automáticos, impedimento de colisão longitudinal, disponibilização de segurança e difusão de restrições pré colisão. A operação de veículos comerciais tem as seguintes aplicações: distância de folga de veículos comerciais, processos administrativos de veículos comerciais, inspeção automática da segurança de vias, monitorização da segurança dentro dos veículos comerciais e gestão de frotas de veículos comerciais. Os transportes públicos tem as seguintes aplicações: gestão de transportes públicos, gestão procura/resposta de transportes e gestão partilhada de transportes. O pagamento eletrónico tem a seguinte aplicação: transações financeiras eletrónicas. A segurança tem as seguintes aplicações: segurança das viagens públicas, aumento da segurança para utilizadores idosos ou com deficiência e junções inteligentes [9].

As últimas três categorias mencionadas podem interligar-se com as cinco primeiras. Deste modo, existe um agrupamento das aplicações referidas em seis subsistemas, que estão orientados à operação dos modos de transportes. Estes são [9]:

- Sistemas Avançados de Gestão de Tráfego (SAGT);
- Sistemas Avançados de Informação para Viajantes (SAIV);
- Sistemas de Operação de Veículos Comerciais (SOVC);
- Sistemas Avançados de Transportes Públicos (SATP);
- Sistemas Avançados de Controlo de Veículos (SACV);
- Sistemas Avançados de Transportes Rurais (SATR).

Os subsistemas apresentados podem aplicar-se a meios urbanos ou rurais. Os SAGT e SAIV têm maior benefício num meio urbano. Como o meio rural tem características distintas do meio urbano foi necessário considerar um subsistema para este meio urbano: o SATR.

3.5.2.1. SISTEMAS AVANÇADOS DE GESTÃO DE TRÁFEGO (SAGT)

OS SAGT têm como principal objetivo controlar o fluxo de tráfego, sendo assim uma categoria importante para os ITS. Através de programas computacionais que analisam as condições de tráfego é possível melhorar o nível de serviço e reduzir o atraso dos veículos.

A recolha de dados dos SAGT é realizada numa dada área geográfica, sendo os dados enviados para o centro de controlo de tráfego. Nestes centros processa-se a informação de modo a gerir o sistema rodoviário. Consegue-se regular os semáforos, sistemas de cobrança eletrónica, controlar as vias de acesso a vias rápidas ou autoestradas e gerir possíveis incidentes. Estes dados podem ser fornecidos aos SAIV, dado que, fornecem informação aos viajantes. Esta informação ajuda os viajantes a tomar decisões adequadas relativamente as suas viagens. Desta forma, podem decidir se continuam na rota originalmente planeada e sofrer eventuais atrasos ou então optar por uma rota alternativa, escolhendo um meio de transporte diferente ou mudar a hora de partida [9] [30].

O SAGT é constituído por três elementos principais, que são:

- **Equipa de recolha de informação** – monitorização das condições de uma estrada ou rede de estradas;
- **Sistemas de Suporte para operadores do sistema** – ajuda no controlo e gestão em tempo real, utilizando câmaras, sensores, semáforos, painéis eletrónicos e bases de dados;
- **Sistemas de controlo de tráfego em tempo real** – com a informação obtida a partir dos dois primeiros elementos, ocorrem alterações na operação dos sistemas de controlo. Como por exemplo, semáforos, sinalização de acesso a vias rápidas ou autoestradas e mensagens em painéis eletrónicos.

Um exemplo deste tipo de sistemas é o *software* de Gestão Eletrónica de Regulação do Tráfego Rodoviário (GERTRUDE), do fabricante GERTRUDE-SAEM. Na Câmara Municipal do Porto utiliza-se para o controlo automatizado do tráfego.

GERTRUDE

O *software* GERTRUDE é um sistema de controlo de tráfego em tempo real. Foi desenvolvido e é mantido por uma empresa francesa, a GERTRUDE SAEM S.A [36].

Os objetivos deste sistema são:

- Melhorar as condições de escoamento nas horas de ponta;
- Melhorar a circulação dos veículos de transporte coletivo;
- Remover o congestionamento de áreas centrais e das artérias consideradas críticas da rede viária;
- Aumentar a segurança rodoviária;
- Controlar a poluição atmosférica;
- Assegurar prioridade a veículo de emergência.

Este sistema tem por base dois princípios: realizar uma circulação fluída, considerando um conjunto de planos de regulação para cada zona. Em casos de saturação são criadas zonas de armazenamento de veículos, com o objetivo de manter a circulação fluída.

Os planos de regulação são previamente calculados e estão associados a uma zona. Estes planos são escolhidos em função da informação fornecida pelos detetores de contagem de tráfego e pelas taxas de ocupação. O ciclo é adaptado ao caso de circulação daquela zona, com a variação de ciclo de 5 em 5 segundos.

Os planos são utilizados com dois tipos de regulação em tempo real:

- Uma adaptabilidade local, controlada pelo nível central, de modo a eliminar eventuais incompatibilidades resultantes de decisões locais;
- Uma deformação das ondas verdes dos eixos, que constituem a rede em função dos dados de tráfego obtidos.

Este sistema resolve problemas de saturação, reduzindo a capacidade dos cruzamentos que controlam as artérias e permitindo armazenar alguns veículos, sem que se prejudique a circulação.

Quando é necessário tomar decisões sobre as prioridades, o sistema procura dar prioridade aos veículos de emergência, se estes tiverem equipamento específico, de forma a criar uma onda verde para itinerários específicos.

3.5.2.2. SISTEMAS AVANÇADOS DE INFORMAÇÃO A VIAJANTES (SAIV)

Os SAIV têm como principal objetivo fornecer serviços de informação em tempo real sobre as condições da rede rodoviária. Também otimizam o fluxo de veículos e a operação nas redes de transportes. Assim, os viajantes possuem vantagens, tais como, uma utilização mais eficiente da rede, redução de congestionamentos e melhor qualidade do meio ambiente [9] [30].

A transmissão de informação de tráfego entre os sistemas de montagem e o viajante tem como base os SAIV. Os viajantes com esta informação conseguem decidir a partir de casa, do trabalho ou de qualquer outro ponto, qual a melhor rota a tomar, o meio de transporte mais adequado e a que horas devem iniciar a viagem. Estes podem obter esta informação através de painéis eletrónicos, dispositivos ligados à internet, sistemas de rádio ou sistemas interligados nos veículos.

Um exemplo deste tipo de sistemas é o *google maps*, que indica sempre o melhor percurso em tempo real. Com esta aplicação consegue-se, em qualquer ponto, delinear a melhor rota para chegar ao destino pretendido. Na Figura 18 estão representadas as diversas rotas do local A para o local B.

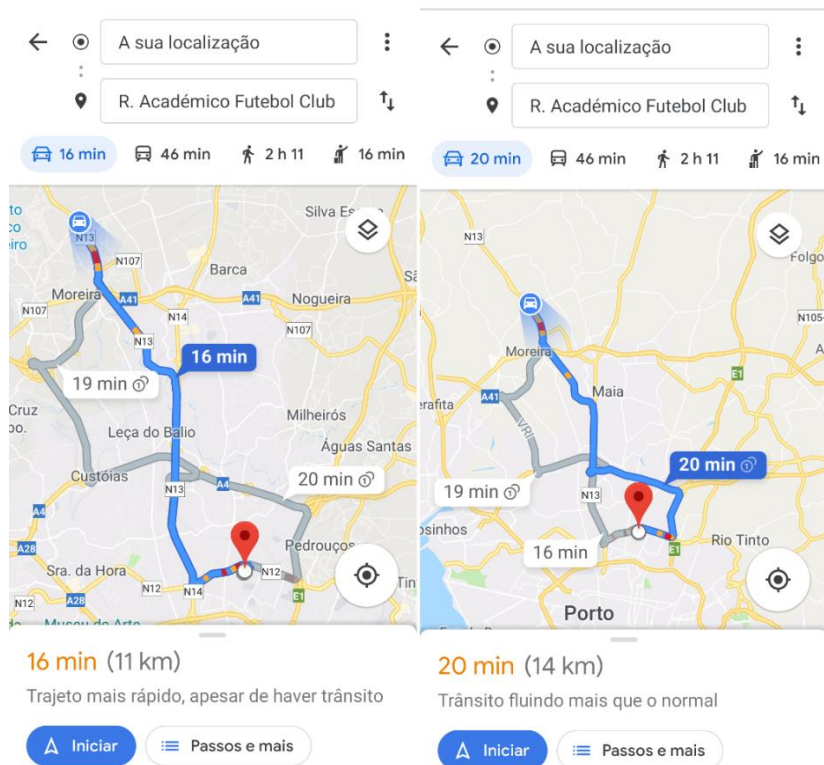


Figura 18 – Sistema de informação a viajantes – *google maps*.

No lado esquerdo vemos o caminho que foi apresentado pela aplicação *google maps*. Esta aplicação apresenta sempre a melhor rota, assim como os troços onde existe mais trânsito. No exemplo apresentado, são visíveis zonas amarelas e vermelhas, onde se circula mais lentamente devido à maior intensidade de trânsito. No lado direito é apresentada uma rota alternativa.

3.5.2.3. SISTEMAS DE OPERAÇÃO DE VEÍCULOS COMERCIAIS (SOVC)

OS SOVC têm um papel importante nos sistemas ITS. Estes melhoram a segurança e a eficiência das operações das frotas de veículos comerciais. Os veículos comerciais são constituídos por camiões, camionetes, autocarros interurbanos e veículos de emergência. Com este sistema é possível melhorar as rotas, através do controlo das estradas e pela informação existente em centros de controlo, sendo possível obter caminhos mais rápidos e económicos.

As tecnologias das áreas de ordenação de trânsito, informação para viajantes e controlo de veículos são utilizadas nos SOVC. De seguida são apresentados alguns exemplos [30]:

- Identificação Automática de Veículos (IAV);
- Classificação Automática de veículos (CAV);
- Localização Automática de Veículos (LAV);
- Peões em movimento (PEM);
- Computadores de Bordo (CAB);
- Comunicação nos dois Sentidos em Tempo Real (CSTR);
- Transmissões Digitais de Tráfego em Tempo Real (TDTR).

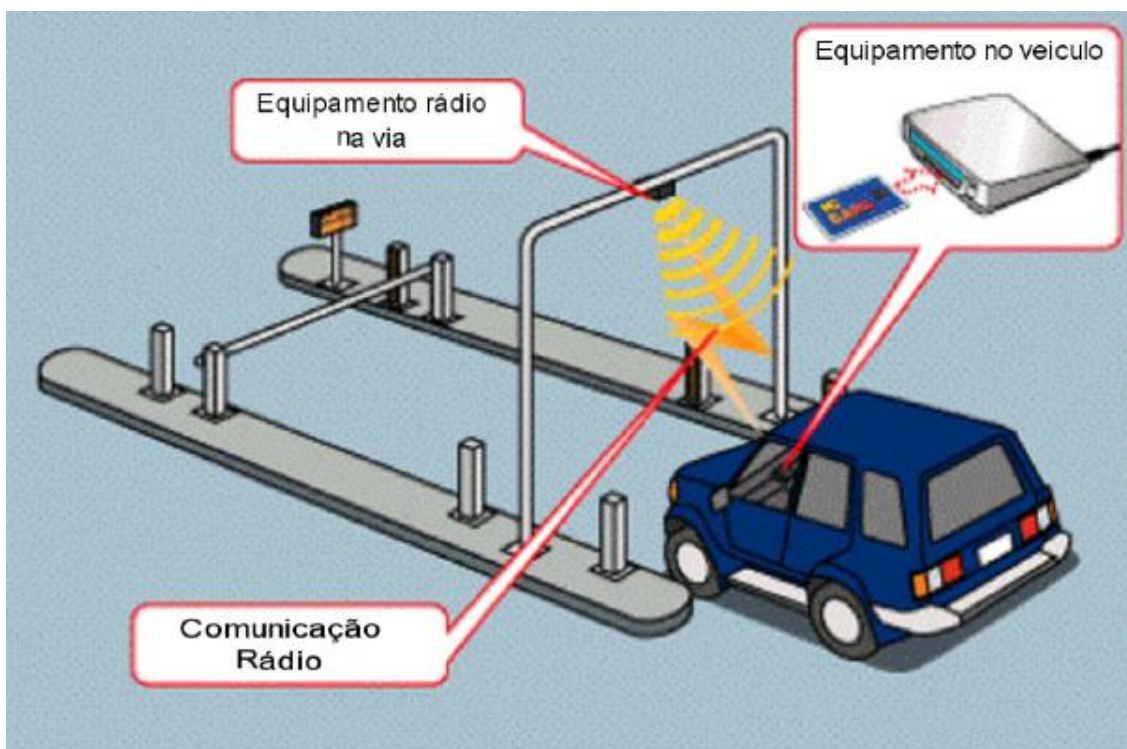
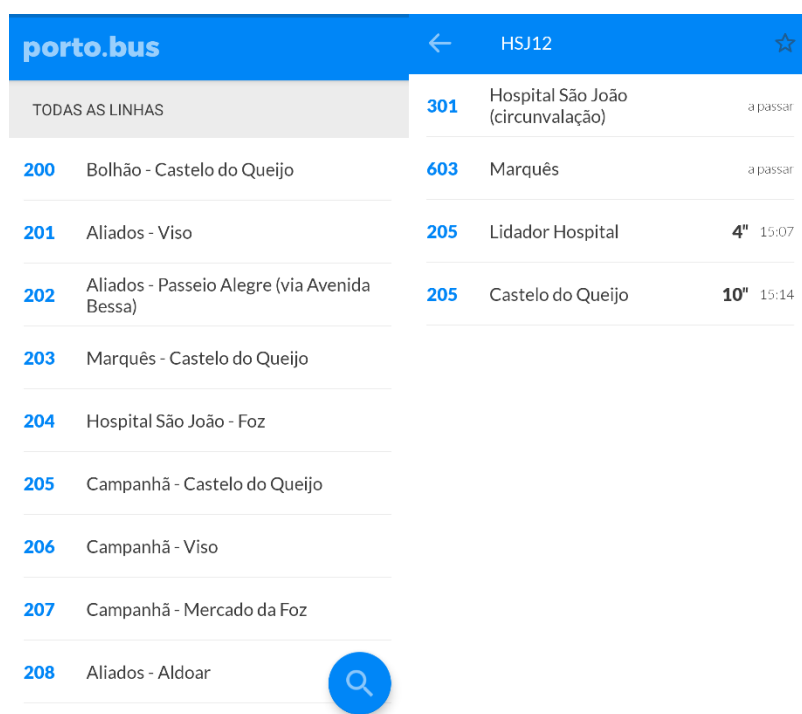


Figura 19 – Identificação, classificação e localização automática do veículo [9].

3.5.2.4. SISTEMAS AVANÇADOS DE TRANSPORTES PÚBLICOS (SATP)

Os SATP recorrem a tecnologias SAGT e SAIV para melhorar o serviço de transportes públicos. Este tipo de sistemas destina-se a veículos de alta taxa de ocupação, conseguindo-se transmitir aos passageiros os custos e horários das viagens. Caso ocorram problemas nos sistemas de transportes os passageiros são informados, pois o sistema disponibiliza informação em tempo real. Desta forma os clientes podem planear uma alternativa caso ocorra um erro na sua rota habitual [9] [30]. Nos dias de hoje, a utilização de aplicações que contêm informação acerca dos horários é frequente. Existem diversas aplicações que informam sobre o assunto. Na Figura 20 está representado o exemplo de uma aplicação neste caso: a “Porto.Bus”, onde se tem informação em tempo real dos autocarros.



The screenshot shows the Porto.Bus application interface. At the top, there is a blue header with the 'porto.bus' logo on the left, a back arrow, the location 'HSJ12', and a star icon. Below the header, there is a list of bus routes. The first route is highlighted in grey and labeled 'TODAS AS LINHAS'. The routes are listed in two columns. The right column shows arrival times in minutes and seconds.

Line	Route	Line	Route	Arrival
	TODAS AS LINHAS	301	Hospital São João (circunvalação)	a passar
200	Bolhão - Castelo do Queijo	603	Marquês	a passar
201	Aliados - Viso	205	Lidador Hospital	4" 15:07
202	Aliados - Passeio Alegre (via Avenida Bessa)	205	Castelo do Queijo	10" 15:14
203	Marquês - Castelo do Queijo			
204	Hospital São João - Foz			
205	Campanhã - Castelo do Queijo			
206	Campanhã - Viso			
207	Campanhã - Mercado da Foz			
208	Aliados - Aldoar			

Figura 20 – Sistema de informação de horários de autocarros – Porto.Bus.

Na Figura 20 visualiza-se do lado esquerdo as linhas da Sociedade de Transportes Coletivos do Porto (STCP), do lado direito o tempo que os autocarros demoram a passar naquela paragem de autocarro.

Com uma gestão eficiente da rede rodoviária consegue-se aliviar o congestionamento das cidades, como por exemplo, através da criação de uma faixa exclusiva para autocarros ou então a semaforização de forma a que os transportes públicos tenham prioridade.

Com estes sistemas consegue-se obter um serviço mais eficiente e seguro, onde a satisfação dos clientes é garantida. Com a utilização destes sistemas existe um planeamento e controlo dos serviços de autocarros.

3.5.2.5. SISTEMAS AVANÇADOS DE CONTROLO DE VEÍCULOS (SACV)

Os SACV têm como objetivo evitar acidentes, combinando sensores, computadores e controladores instalados em veículos ou nas infraestruturas das vias. Estes sistemas conseguem alertar/ajudar os condutores na condução do veículo.

Estes sistemas avaliam a comportamento do condutor para evitar acidentes. Deste modo, o objetivo principal destes sistemas é melhorar a segurança na condução, diminuir congestionamentos em autoestradas urbanas e aumentar a eficiência da rede.

A utilização de sensores dentro do veículo é recorrente, dado que ajudam o condutor na condução. Os sensores transmitem informação visual ou auditiva sobre o tráfego, avaliam possíveis perigos e outros problemas que possam surgir numa viagem. Por exemplo, caso o condutor seja uma pessoa idosa, ou uma pessoa que apresente cansaço, o seu tempo de reação perante o perigo é menor. Este sistema de controlo automático é bastante útil nestes casos, dado que, têm uma reação mais rápida e eficaz perante perigos [9] [30].

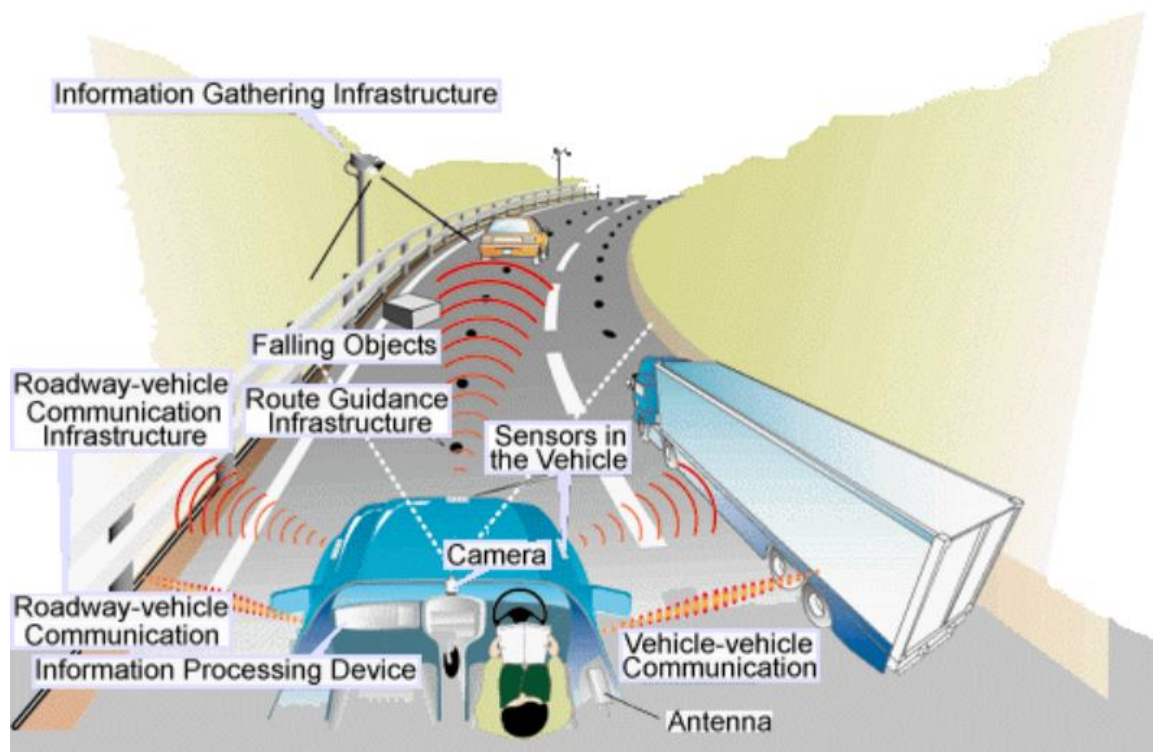


Figura 21 – Componentes de um veículo de condução automática [37].

3.5.2.6. SISTEMAS AVANÇADOS DE TRÁFEGO RURAL (SATR)

Os SATR englobam todo o tipo de tráfego que se encontre fora dos meios urbanos. Estes sistemas foram desenvolvidos para resolver problemas em zonas rurais, onde existe uma menor densidade populacional (áreas com menos de 50 000 habitantes) [9] [30].

Estas tecnologias têm como objetivo controlar os acidentes, redução dos custos, informação turística, maior satisfação dos consumidores e controlo do tráfego. A ocorrência de acidentes é muito frequente em zonas rurais, dado que, as estradas são estreitas, existem muitas curvas e contracurvas. A estes acresce a reduzida visibilidade nas curvas, carência de percursos alternativos e poucos meios de comunicação. De forma a responder a estes problemas, os SATR implementam infraestruturas para o controlo e manutenção, baseando-se nos SAGT e nos SAIV para meio rurais. Também se deve ter em atenção a segurança, por isso instalam-se sistemas de vigilância e monitorização de veículos, sistemas de comunicação e sistemas de deteção dos veículos. Por último, existem vários postos de serviços de emergência.

Na prática não existem sistemas específicos para os meios rurais, portanto os sistemas existentes para meios urbanos são adaptados a estes.

3.6. METODOLOGIA DE SUBSTITUIÇÃO DE *OUTLIERS*

Quando se monitoriza uma rede constituída por sensores esta costuma conter *outliers*. Os sensores, por vezes, não são fiáveis ou então deixam frequentemente de funcionar [38]. Este problema surge muitas vezes em análise de dados de tráfego, onde as comunicações com o sistema podem conter falhas [39].

3.6.1. *OUTLIERS*

Os *outliers* são dados que apresentam um grande desfasamento em relação aos restantes ou são inconsistentes. São observações anormais, podendo causar erros nos resultados obtidos. Os dados têm pouca qualidade e fiabilidade [40].

A preocupação com os *outliers* é antiga, vários autores já trataram deste assunto. No início pensava-se que a eliminação da análise seria a melhor forma de lidar com o problema. Contudo, esta forma de resolver o problema não era unânime [41].

3.6.2. ANÁLISE DE *OUTLIERS*

A análise de *outliers* pode ser realizada em três etapas. Na primeira, identificam-se os dados que podem apresentar erros. Os *outliers* são identificados através de tabelas, gráficos, observação direta e por métodos estatísticos. Na segunda etapa, definem-se os *outliers* considerados potenciais e realizam-se testes aos dados que podem apresentar erros. A forma como estes testes são realizados depende da situação em estudo, testando desta forma a discordância entre os dados. Se uma dada amostra for diferente das outras, após a análise estatística, conclui-se que essa amostra é um *outlier*. Por fim, nesta etapa, tomam-se decisões sobre o que fazer aos *outliers*. Como dito anteriormente, uma das formas para tratar estes dados é eliminando-os, embora esta abordagem não seja indicada, uma vez que se iria perder informação. Esta abordagem só deve ser utilizada em casos em que não se consigam tratar os *outliers*. Estes devem ser tratados detalhadamente, pois podem conter informações importantes sobre a análise em questão [42].

3.6.2.1. RECOLHA DE DADOS ATRAVÉS DE UMA MÁQUINA

A recolha de dados através de uma máquina tem como finalidade extrair automaticamente os dados da base de dados e transformá-los em informações úteis. Existem alguns algoritmos de aprendizagem das máquinas para o tratamento dos dados. Existem três categorias, que diferem na forma como utilizam a informação de entrada e os respetivos rótulos [43].

A **aprendizagem supervisionada** deve ser capaz de prever os rótulos, tendo como objetivo prever os rótulos de dados que ainda não foram analisados. Para um funcionamento correto os algoritmos têm de ter uma capacidade de generalização, de modo a prever corretamente a saída dos dados que ainda não foram analisados.

Na **aprendizagem não supervisionada** os dados são catalogados e os algoritmos tentam encontrar padrões nos dados de entrada.

A **aprendizagem semi supervisionada** é utilizada em grupos pequenos de dados rotulados e uma grande quantidade de dados não rotulados. Este método exige um menor esforço humano para a rotulação de dados.

3.6.3. MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE *OUTLIERS*

Existem três abordagens distintas utilizadas na identificação de *outliers*.

Na primeira abordagem, a identificação ocorre sem nenhum conhecimento prévio dos dados. Os dados são considerados como uma distribuição estática, desta forma, identificam-se os pontos mais afastados do normal e classificam-se como potenciais *outliers*. Na Figura 22, os pontos o_1, o_2 e O_3 são considerados *outliers*. Existem duas formas de tratar estes *outliers*. O sistema pode removê-los de processamentos futuros ou incorporá-los no modelo onde se utiliza um método de classificação [43].

Na segunda abordagem, os dados são previamente identificados como normais ou anormais. Se analisarmos a Figura 22, existem três zonas de dados com *outliers*, sendo eles o_1, o_2 e O_3 . Os pontos normais estão identificados como N_1 e N_2 . Se uma dada amostra de dados se encontrar na zona de normalidade, esta é classificada como normal. Por outro lado, se estiver fora desta zona é considerada como *outlier*. Para a utilização deste algoritmo é necessária uma grande quantidade de dados, para que seja possível a sua identificação.

Na última abordagem, os dados normais são ensinados a reconhecer os dados anormais, isto é, só é necessário identificar os dados normais. Esta abordagem é vantajosa, uma vez que os dados anormais são difíceis de obter. Com este método, os novos dados que ficam fora da zona de normalidade são classificados como fraudes. Contudo, se a normalidade se afastar do modelo inicial, o método precisa de reaprender os dados.

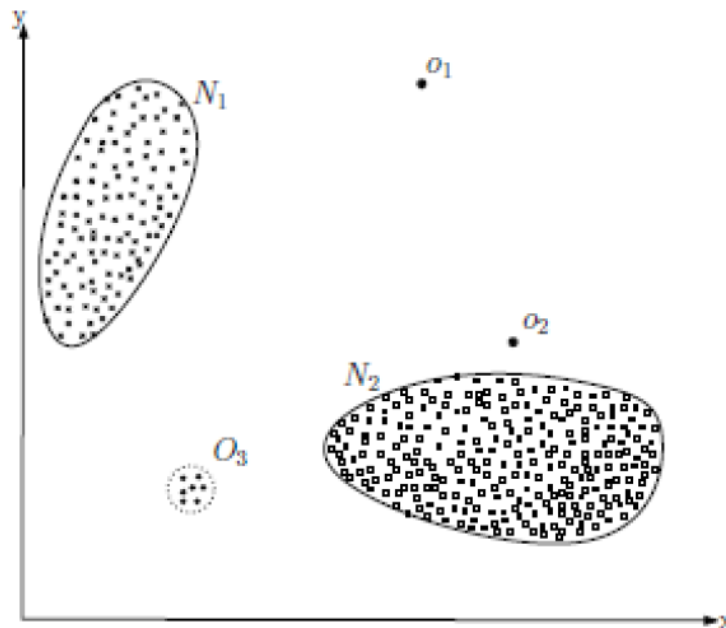


Figura 22 – Conjunto de dados em 2D que contém *outliers* [43].

Para a identificação de *outliers* existem alguns métodos/técnicas, tais como: técnicas baseadas na classificação, técnicas baseadas no agrupamento, técnicas baseadas em K-vizinho mais próximo, técnicas baseadas em estatística, técnicas baseadas em teoria da informação, técnicas baseadas em decomposição espectral e técnicas baseadas na visualização.

TÉCNICAS BASEADAS NA CLASSIFICAÇÃO

Estas técnicas distinguem os dados normais e os *outliers*. Pertencem à segunda abordagem, e alguns métodos utilizados nesta técnica estão relacionados com as redes neuronais, redes bayesianas, árvores de decisão, modelos de regressão e análise de associação.

TÉCNICAS BASEADAS NO AGRUPAMENTO

Com estas técnicas assume-se que os dados normais pertencem a grupos grandes e densos, enquanto os *outliers* não pertencem a nenhum grupo ou pertencem a grupos muito pequenos, como se pode visualizar na Figura 22. Este método insere-se nas técnicas de aprendizagem semi supervisionadas e não supervisionadas. No caso das semi supervisionadas são utilizados os dados normais para criar as zonas de comportamento normal. Caso um grupo de dados não esteja perto deste é identificado como *outlier*. As técnicas não supervisionadas agrupam os dados de modo a analisar em cada instante a relação com os grupos formados.

TÉCNICAS BASEADAS EM K-VIZINHO MAIS PRÓXIMO

Assume-se que o grupo de dados normais tem vários vizinhos próximos deles, estando os *outliers* localizados longe deles. Inicialmente, esta técnica usa a medida de distância ou de similaridade entre dois dados para avaliar se existem erros. Seguidamente, é analisada a vizinhança de modo a classificá-la como uma observação normal ou um *outlier*.

TÉCNICAS BASEADAS EM ESTATÍSTICA

Neste método aplicam-se modelos estatísticos nos dados. Através do teste de inferência estatística determina-se o grupo de dados que pertence ao modelo ou não. Os *outliers* são os grupos de dados que possuem baixa probabilidade de pertencer ao modelo.

TÉCNICAS BASEADAS NA TEORIA DA INFORMAÇÃO

Estas técnicas utilizam a entropia, entropia condicional e ganho de informação para analisar a informação dos dados. Os dados normais são regulares, de acordo com as medidas da teoria de informação, por outro lado, os *outliers* alteram essas medidas. Detetam os grupos que provocam irregularidade nos dados, a regularidade é medida por uma dimensão particular da teoria de informação.

TÉCNICAS BASEADAS EM DECOMPOSIÇÃO ESPECTRAL

Combinando os atributos da dimensão e variabilidade dos dados, esta técnica tenta encontrar uma aproximação para os dados. Uma das técnicas utilizadas é o PCA.

TÉCNICAS BASEADAS NA VISUALIZAÇÃO

Estas técnicas tentam representar os dados num gráfico com coordenadas, facilitando a identificação de *outliers*. São ferramentas computacionalmente caras e se a dimensão dos dados for grande torna-se difícil a sua aplicação.

4. PLATAFORMA TRANSIT

Neste capítulo introduz-se o problema proposto e descreve-se a implementação da plataforma TRANSIT. Explica-se e o sistema de gestão de tráfego da CMP. Mostram-se os métodos utilizados para resolver o problema. Posteriormente apresentam-se os resultados obtidos.

4.1. PROBLEMA PROPOSTO

A CMP utiliza um sistema de gestão de tráfego com cerca de 300 instalações semafóricas, sendo 138 centralizadas. O objetivo deste sistema é melhorar a mobilidade urbana.

As instalações centralizadas são controladas pelo *software* GERTRUDE. Este *software* aplica planos de macro e micro regulação. Com este *software* consegue-se definir um conjunto de restrições temporais, com o objetivo de melhorar a mobilidade nas infraestruturas. Uma zona com este tipo de planos contém intersecções semaforizadas, sendo o seu funcionamento realizado em função da procura da infraestrutura. No caso deste sistema, a oferta é efetuada de forma automática, ou seja, em tempo real. Para o sistema conseguir aplicar ações de macro e micro regulação, estão instalados sensores ITS, nomeadamente espiras eletromagnéticas, nos pavimentos. Com os dados obtidos por estes sensores o sistema consegue regular a oferta da infraestrutura na zona macro regulada.

Nesta dissertação foi proposto analisar os dados provenientes deste sistema. Estes dados são importantes para a criação de modelos de gestão de tráfego. Para isso desenvolveu-se a TRANSIT. O único problema é que os mesmos dados contêm erros. Numa fase inicial deste trabalho foi feito o tratamento dos dados, identificando potenciais erros (*outliers*). Após a limpeza dos dados, representou-se o volume de tráfego numa tabela dinâmica. Como existe uma elevada quantidade de dados, optou-se pela criação de uma interface gráfica, onde se agrupam as tabelas dinâmicas, de modo a facilitar a sua consulta. Esta interface foi realizada em Excel, a pedido da CMP. Os resultados da análise dos dados da TRANSIT foram comparados com os resultados disponibilizados pelo *software* NEXT.

4.2. SISTEMA SIGA

O sistema SIGA é o sistema de gestão de tráfego da cidade do Porto. É centralizado e baseia-se em intersecções semaforizadas. Para conseguir variar o tempo da luz verde de um semáforo utiliza os dados que são fornecidos pelos sensores ITS instalados ao longo das vias. Nomeadamente, contagens de tráfego e pedidos de botoneiras por parte dos peões.

Este sistema por ser centralizado tem vantagens face a um sistema convencional. Num sistema convencional, a informação recolhida é tratada localmente, verificando apenas qual das vias de uma determinada intersecção deve ser aberta e durante quanto tempo. De modo a melhorar o fluxo de tráfego, o controlo é realizado através de programações pré-definidas. No caso de um sistema centralizado os dados recolhidos pelos detetores são enviados para um posto de controlo. Neste posto, os dados são analisados e posteriormente enviados para os controladores locais. Com este tipo de sistema consegue-se melhorar o fluxo de tráfego não só naquele local, mas também nas zonas envolventes pertencentes a outras intersecções próximas.

O *software* utilizado na CMP é o GERTRUDE que permite realizar gestão remota. Este sistema gere dez zonas centralizadas: Sé, Bolhão, República, Boavista, Galiza, Universidade, Magalhães, Mota Pinto, Constituição e Parque da cidade/Prelada, sendo estas numeradas de 1 a 10. Na Figura 23 visualizam-se as zonas em que o sistema SIGA está em funcionamento, e as respetivas intersecções.

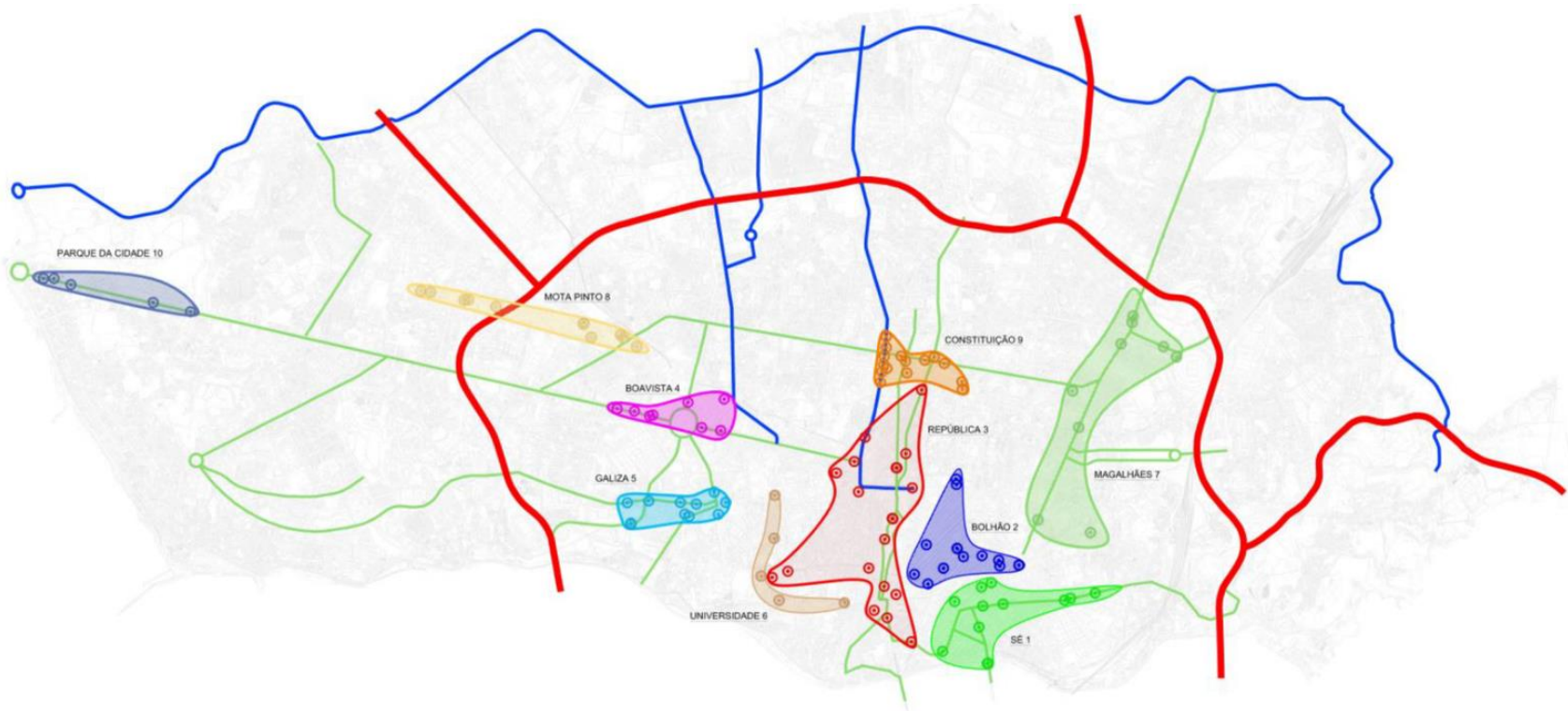


Figura 23 – Zona de funcionamento do sistema SIGA na cidade do Porto.

A informação fornecida por este sistema é o número acumulado de veículos que circularam nos últimos cinco minutos. A informação é apresentada em intervalos de cinco minutos. Um dia completo vai ter 288 entradas. Neste trabalho, de modo a facilitar a análise dos dados, estes detetores são numerados de acordo com um código, ZONA-DETETOR. Desta forma, consegue-se saber em que zona o sensor está instalado e o número do detetor. Alguns destes detetores estão fisicamente presentes em duas zonas, portanto para não existir duplicação de dados existiu uma simplificação dos detetores. No Anexo. A está apresentado o mapa original da disposição dos detetores. Na tabela seguinte são apresentados os sensores utilizados para realizar esta dissertação.

Tabela 10 – Lista de detetores por zona na cidade do Porto.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10
Detetores	01-06	02-01	03-01	04-01	05-01	06-01	07-01	08-01	09-01	10-01
	01-07	02-02	03-02	04-02	05-02	06-02	07-02	08-02	09-02	10-03
	01-08	02-03	03-03	04-03	05-03	06-03	07-03	08-03	09-03	10-04
	01-11	02-04	03-04	04-04	05-04	06-04	07-04	08-04	09-04	10-05
	01-12	02-06	03-05	04-05	05-05	06-05	07-05	08-05	09-05	10-07
	01-13	02-08	03-06	04-06	05-06	-	07-06	08-06	09-06	-
	01-14	02-09	03-07	04-10	05-07	-	07-07	08-07	09-07	-
	01-15	02-10	03-08	04-11	05-08	-	07-08	08-08	09-08	-
	01-18	02-11	03-09	-	05-10	-	07-09	08-09	09-09	-
	01-19	02-12	03-10	-	05-11	-	-	08-10	09-10	-
	01-20	02-13	03-11	-	05-12	-	-	08-11	09-11	-
	01-21	02-14	03-12	-	-	-	-	-	09-12	-
	-	02-15	03-13	-	-	-	-	-	09-13	-
	-	02-16	03-14	-	-	-	-	-	09-14	-

-	02-17	03-16	-	-	-	-	-	09-15	-
-	-	03-17	-	-	-	-	-	09-16	-
-	-	03-18	-	-	-	-	-	09-17	-
-	-	03-19	-	-	-	-	-	-	-
-	-	03-21	-	-	-	-	-	-	-
-	-	03-22	-	-	-	-	-	-	-

Estas contagens são automáticas, sendo que não irão ser tão precisas como as contagens manuais. As contagens são importantes para quantificar o fluxo de veículos que passa num determinado local, num determinado período de tempo. Desta forma, é possível calcular o volume médio diário (VMD). Com estes dados consegue-se desenvolver um modelo de tráfego mais próximo da realidade.

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA SIGA

O sistema tem uma rede de comunicação própria, enviando os dados recolhidos para um posto de controlo. Desta forma, tratam-se os dados recolhidos e tomam-se decisões perante diversas situações.

4.2.1.1. REDE DE COMUNICAÇÕES

A rede de comunicações de gestão remota dos controladores de tráfego do sistema SIGA é constituída por cobre e fibra ótica em estrela, tendo uma extensão de 40 Km. A manutenção desta rede é realizada pela Associação Porto Digital. Esta foi criada em 2004 pela Câmara Municipal do Porto, a Universidade do Porto e pela Associação Empresarial Portuguesa, cooperando com o Metro do Porto. Tem como objetivo de promover projetos na área das tecnologias da informação e comunicação na cidade do Porto.

4.2.1.2. PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE REGULAÇÃO DE TRÁFEGO

CONTROLADORES DE TRÁFEGO

Os controladores de tráfego permitem o funcionamento de uma instalação luminosa tendo em conta as respetivas etapas, fases, ciclos e planos de programação. Recebem e transmitem a informação que irá ajudar na gestão de tráfego. Estes controladores estão encarregues de tratar de funções de regulação tais como, temporização, funções de relógio, prioridade ao transporte público, prioridade a veículos de emergência, atuado por veículos e peões.

SENSORES DO SIGA

O SIGA utiliza as câmaras de vídeo para a monitorização do trânsito e também espiras eletromagnéticas.

Existem diferentes tipos de espiras eletromagnéticas aplicadas no SIGA, sendo elas as seguintes:

- Espiras adaptativas, ou de pedido, que são instaladas próximas de cruzamentos, fornecem informação ao sistema de que existem veículos na via em que está instalada, sendo necessário ceder passagem a essa corrente. As botoneiras têm a mesma função que estas espiras, só que neste caso é para criar uma onda verde para o peão;
- Espiras de cauda, medem o tamanho da fila de espera e informam que existe a necessidade de dar mais tempo à corrente, dado que a fila é longa;
- Espiras contadoras, que são instaladas em cada via e têm a funcionalidade de contar o número de carros que passam, também podem funcionar como espiras de cauda;
- Espiras de bombeiro, que têm como finalidade criar um caminho livre de modo a facilitar a circulação, estas detetam e confirmam a presença de um veículo de bombeiros que transporta um emissor prioritário.

Neste momento o sistema de gestão de tráfego da CMP está a sofrer uma inovação tecnológica. Numa fase inicial e em 10 locais estão a ser instaladas câmaras de vídeo, que tem como finalidade realizar contagens de tráfego, em todas as secções, identificando o tipo de veículo (carro, camião, autocarro ou bicicleta) que passam naquele local, também identificam peões.

4.3. ANÁLISE DOS DADOS

4.3.1. DADOS BRUTOS

Os dados utilizados provêm do sistema GERTRUDE. Este sistema cria diariamente um ficheiro *.txt*, cujo nome, é construído a partir da nomenclatura CT[Dia], [Mês], [Ano] e [Zona]. Estes campos são constituídos por dois caracteres (ex: *CT021013.01*).

A cada dia são gerados 10 ficheiros, representando cada um uma zona. Em cada intersecção entre linhas e colunas, estes ficheiros têm o número de veículos acumulados que passaram nos últimos 5 minutos, ou seja, o débito de tráfego. O ficheiro tem 288 linhas e 25 colunas, sendo a primeira coluna referente às horas da contagem. As seguintes representam o detetor de cada zona por ordem crescente. As contagens são realizadas de 5 em 5 minutos. Na Tabela 11 pode ver-se um exemplo de um ficheiro com dados brutos. A primeira linha da tabela não está presente no ficheiro original, sendo colocada aqui, para representar o significado das colunas dos ficheiros.

Tabela 11 – Exemplo do conteúdo de um ficheiro de dados bruto.

Hora	01	02	03	04	05	***	22	23	24
00:05	00000	00010	00010	00011	00012	***	00012	00000	00000
00:10	00000	00007	00011	00011	00015	***	00010	00000	00000
00:15	00000	00006	00005	00008	00009	***	00005	00000	00000
00:20	00000	00008	00008	00005	00009	***	00007	00000	00000
***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
23:50	00000	00002	00005	00004	00003	***	00009	00000	00000
23:55	00000	00001	00007	00006	00003	***	00008	00000	00000
00:00	00000	00000	00005	00005	00012	***	00000	00000	00000

O número de ficheiros analisados vai depender de vários fatores: número de dias, número de anos e número de zonas. Destas variáveis a que se apresenta de forma inconstante é o número de dias. Esta variável depende da data de início e fim do estudo, ou da existência de lapsos nas séries diárias. Neste caso o intervalo de estudo é de novembro de 2007 até dezembro de 2018. É necessário proceder-se à limpeza dos dados de modo a melhorar a análise.

4.3.2. LIMPEZA DOS DADOS

Os ficheiros *.txt* contêm alguma informação que não é necessária para a análise. Como foi dito anteriormente, o ficheiro tem 25 colunas. Dependendo da zona a que pertence o ficheiro, algumas colunas são desprezáveis.

A limpeza dos dados vai ser dividida em duas fases:

- 1ª fase – Eliminação das colunas que não fazem falta;
- 2ª fase – Identificação e eliminação dos *outliers*.

1ª FASE

Na tabela seguinte visualizam-se as colunas a eliminar consoante a zona de estudo.

Tabela 12 – Colunas a eliminar dos ficheiros consoante a sua zona.

Zonas	Colunas a eliminar
1	2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 17, 18, 23, 24 e 25
2	6, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25
3	16, 21, 24 e 25
4	8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25
5	10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25
6	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25
7	11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25

8	13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25
9	19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25
10	3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25

2ª FASE

Os ficheiros utilizados pelo sistema de gestão de tráfego da CMP contêm erros, apresentando valores anormalmente altos ou valores nulos. Para criar um intervalo de valores aceitáveis, definiram-se valores máximos e mínimos de tráfego, que teoricamente as estradas suportam. Estes valores vão depender do número de vias existentes naquele local.

Embora a eliminação dos erros não seja a melhor solução, neste caso não irá influenciar os resultados, dado que há uma grande quantidade de dados e sabe-se a capacidade máxima que cada via suporta. Outro método para o tratamento de dados seria utilizar a substituição de séries [43].

As estradas onde os detetores ITS estão instalados têm diferentes número de vias. Na tabela seguinte está representado o número de vias por o detetor respetivo.

Tabela 13 – Número e tipo de via por detetor.

Detetor	Nº de vias	Tipo de vias	Detetor	Nº de vias	Tipo de vias
01-06	2	Banais	05-01	1	Banal
01-07	2	Banais	05-02	1	Banal
01-08	2	Banais	05-03	1	Banal
01-11	1	Banal	05-04	2	Banais
01-12	1	Banal	05-05	2	1 Banal + 1 BUS
01-13	1	Banal	05-06	1	Banal
01-14	1	Banal	05-07	2	Banais

01-15	1	Banal	05-08	1	Banal
01-18	1	Banal	05-10	1	BUS
01-19	1	Banal	05-11	2	Banais
01-20	1	Banal	05-12	1	Banal
01-21	1	Banal	06-01	2	Banais
02-01	2	Banais	06-02	2	Banais
02-02	1	BUS	06-03	1	Banal
02-03	1	Banal	06-03	1	Banal
02-04	1	Banal	06-05	1	Banal
02-06	2	Banais	07-01	2	Banais
02-08	1	BUS	07-02	2	Banais
02-09	1	Banal	07-03	2	Banais
02-10	1	Banal	07-04	2	Banais
02-11	1	Banal	07-05	1	Banal
02-12	1	Banal	07-06	2	Banais
02-13	1	Banal	07-07	2	Banais
02-14	1	BUS	07-08	1	Banal
02-15	1	BUS	07-09	1	Banal
02-16	1	Banal	08-01	2	Banais
02-17	1	Banal	08-02	2	Banais
03-01	2	Banais	08-03	2	Banais
03-02	1	Banal	08-04	2	Banais
03-03	2	Banais	08-05	2	Banais

03-04	1	BUS	08-06	1	Banal
03-05	2	Banais	08-07	1	Banal
03-06	2	Banais	08-08	1	Banal
03-07	2	Banais	08-09	2	Banais
03-08	2	Banais	08-10	2	Banais
03-09	1	Banal	08-11	3	Banais
03-10	1	BUS	09-01	1	Banal
03-11	3	2 Banais + 1 BUS	09-02	2	Banais
03-12	1	Banal	09-03	1	Banal
03-13	1	Banal	09-04	1	Banal
03-14	2	Banais	09-05	1	Banal
03-16	2	Banais	09-06	1	Banal
03-17	1	Banal	09-07	1	Banal
03-18	1	Banal	09-08	1	Banal
03-19	1	Banal	09-09	1	Banal
03-21	3	2 Banais + 1 BUS	09-10	2	1 Banal + 1 BUS
03-22	2	Banais	09-11	1	Banal
04-01	2	Banais	09-12	1	Banal
04-02	2	Banais	09-13	1	Banal
04-03	1	Banal	09-14	1	Banal
04-04	3	Banais	09-15	2	Banais
04-05	2	Banais	09-16	1	Banal
04-06	2	Banais	09-17	2	Banais

04-10	2	Banais	10-01	2	Banais
04-11	2	Banais	10-03	2	Banais
			10-04	2	Banais
			10-05	2	Banais
			10-07	2	Banais

Consultando o Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária, encontrou-se a capacidade das vias urbanas [44]. Na tabela seguinte é apresentado o débito máximo teórico que cada via suporta.

Tabela 14 – Capacidade da via urbana.

Número de vias	Débito máximo teórico
1	1200 uvl/h/via
2	1800 uvl/h/via
3	1900 uvl/h/via

Estes detetores estão instalados nas vias de modo a regular interseções semaforizadas. Desta forma, o débito máximo reduz cerca de 30%. Também se deve ter em conta um fator de correção empírico de 1,15. Com este fator, garante-se que o intervalo entre os veículos seja mais realista, sendo que, também compreende pequenas distorções resultantes do comportamento estocástico do tráfego. Assim, para cada uma das situações enumeradas na Tabela 14, tem-se:

$$V_{p5 \min 1 \text{ via}} = \frac{1200 \times 0.7}{60} \times 1.15 \times 5 \approx 80 \quad (11)$$

$$V_{p5 \min 2 \text{ vias}} = \frac{1800 \times 0.7}{60} \times 1.15 \times 5 \approx 120 \quad (12)$$

$$V_{p5 \min 3 \text{ vias}} = \frac{1900 \times 0.7}{60} \times 1.15 \times 5 \approx 127 \quad (13)$$

Desta forma, o intervalo de valores varia de acordo com o tipo de via. Na tabela seguinte estão representados os intervalos de valores aceitáveis, dependendo do número de vias.

Tabela 15 – Débito de tráfego que cada via suporta em 5 minutos.

Número de via	Intervalo de valores aceitáveis [min;max]
1 via	[1;80]
2 vias	[1;120]
3 vias	[1;127]

Com este intervalo vamos excluir os erros (*outliers*). Só se vão aceitar valores compreendidos nos intervalos apresentados. Por último, soma-se o débito de tráfego representando-o por hora.

Para proceder a esta limpeza desenvolveu-se um *template* no *software* Excel. Este depende das características de cada zona, obtendo desta forma 10 ficheiros base. Após o tratamento dos dados, estes vão ser agrupados por mês, numa tabela dinâmica. Nesta tabela observa-se o volume do tráfego por zona, fazendo uma análise analítica e gráfica. Posteriormente é criado uma interface gráfica, onde se podem seleccionar o ano e mês que se desejam analisar.

4.3.3. IMPLEMENTAÇÃO

4.3.3.1. TEMPLATES

Para limpar os dados criaram-se dez ficheiros Excel. Cada ficheiro representa as características da respetiva zona. Na figura seguinte visualiza-se um exemplo de um destes ficheiros.

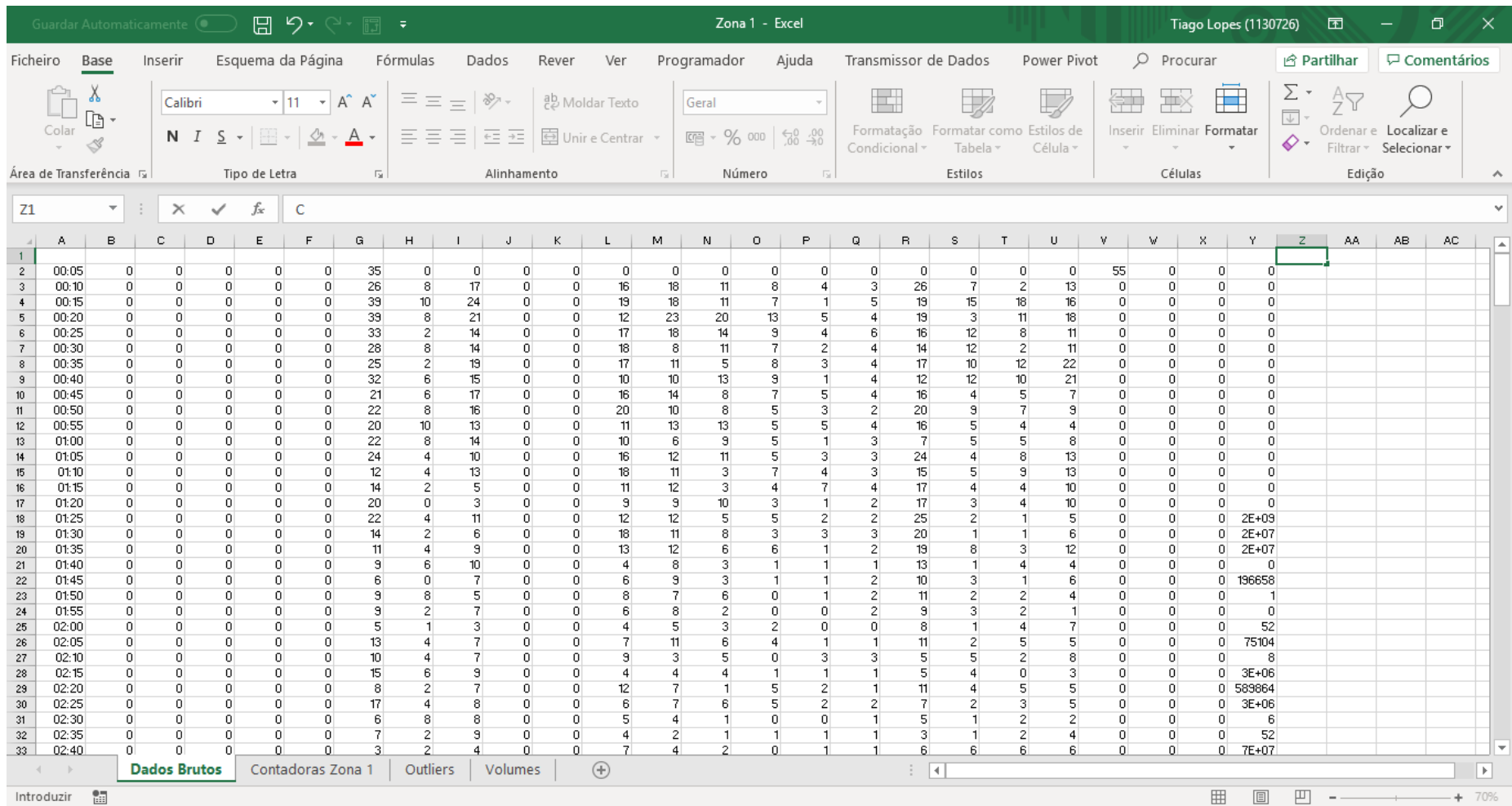


Figura 24 – Exemplo de um ficheiro Excel para o tratamento de dados (Zona 1).

Na folha “Dados Brutos” colocam-se os dados provenientes do *software* do sistema de gestão de tráfego da CMP, a GERTRUDE.

Na folha “Contadoras Zona 1” eliminam-se as colunas que não pertencem a esta zona (1º fase).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Tempo	01.06	01.07	01.08	01.11	01.12	01.13	01.14	01.15	01.18	01.19	01.20	01.21								
2	00:05	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55								
3	00:10	26	8	17	16	18	11	8	4	7	2	13	0								
4	00:15	39	10	24	19	18	11	7	1	15	18	16	0								
5	00:20	39	8	21	12	23	20	13	5	3	11	18	0								
6	00:25	33	2	14	17	18	14	9	4	12	8	11	0								
7	00:30	28	8	14	18	8	11	7	2	12	2	11	0								
8	00:35	25	2	19	17	11	5	8	3	10	12	22	0								
9	00:40	32	6	15	10	10	13	9	1	12	10	21	0								
10	00:45	21	6	17	16	14	8	7	5	4	5	7	0								
11	00:50	22	8	16	20	10	8	5	3	9	7	9	0								
12	00:55	20	10	13	11	13	13	5	5	5	4	4	0								
13	01:00	22	8	14	10	6	9	5	1	5	5	8	0								
14	01:05	24	4	10	16	12	11	5	3	4	8	13	0								
15	01:10	12	4	13	18	11	3	7	4	5	9	13	0								
16	01:15	14	2	5	11	12	3	4	7	4	4	10	0								
17	01:20	20	0	3	9	9	10	3	1	3	4	10	0								
18	01:25	22	4	11	12	12	5	5	2	2	1	5	0								
19	01:30	14	2	6	18	11	8	3	3	1	1	6	0								
20	01:35	11	4	9	13	12	6	6	1	8	3	12	0								
21	01:40	9	6	10	4	8	3	1	1	1	4	4	0								
22	01:45	6	0	7	6	9	3	1	1	3	1	6	0								
23	01:50	8	0	5	0	7	6	0	1	0	0	4	0								

Figura 25 – Detetores por zona (Zona 1).

Na folha “*Outliers*” define-se um intervalo de valores para cada tipo de via, verificando se o campo analisado é um *outlier*. Caso seja um erro retornará VERDADEIRO (2º fase).

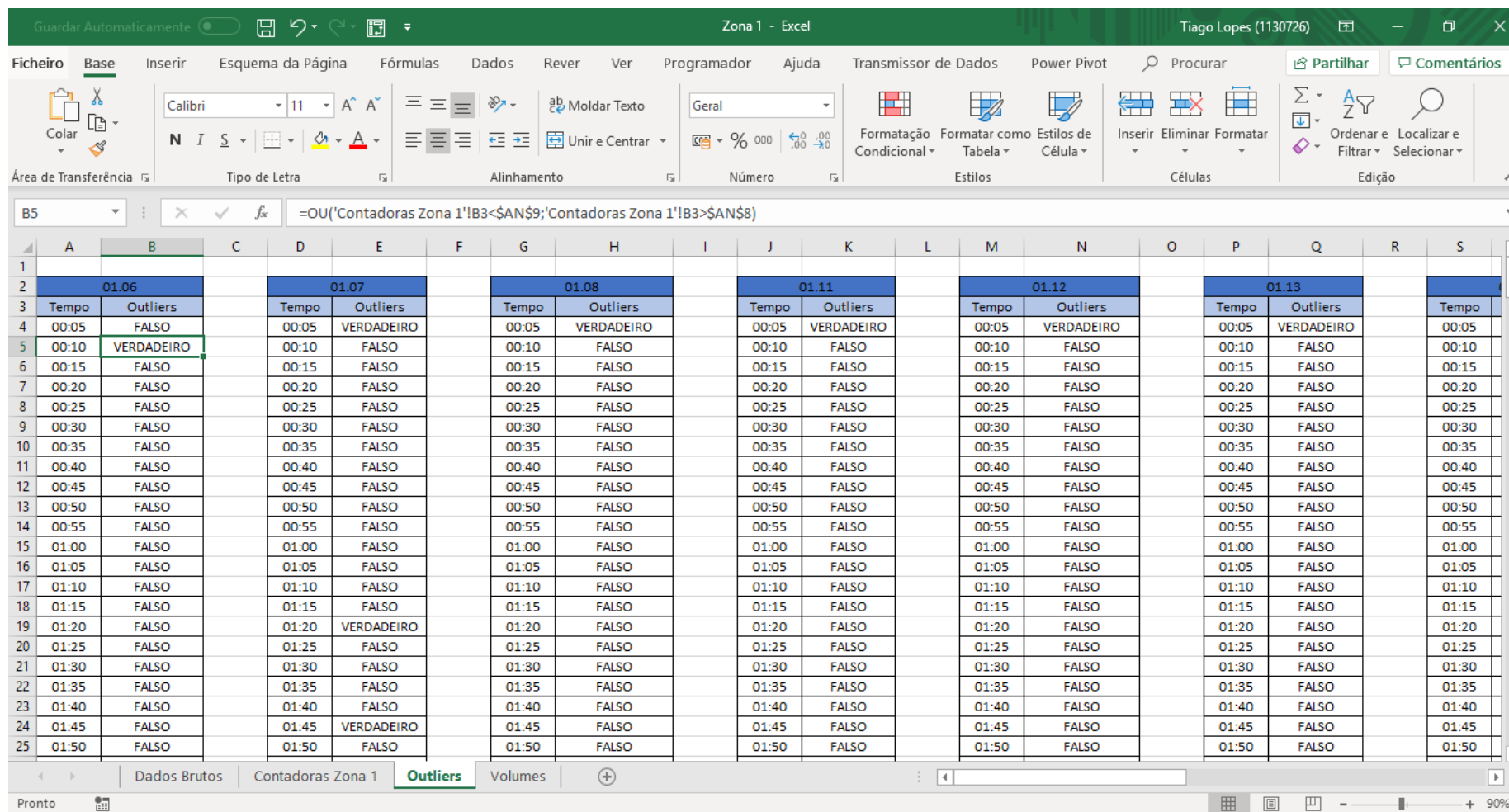


Figura 26 – Identificação de *ouliers* (Zona 1).

Por último, na folha “Volumes” somam-se os valores que não contêm erros, de modo a obter o volume por hora.

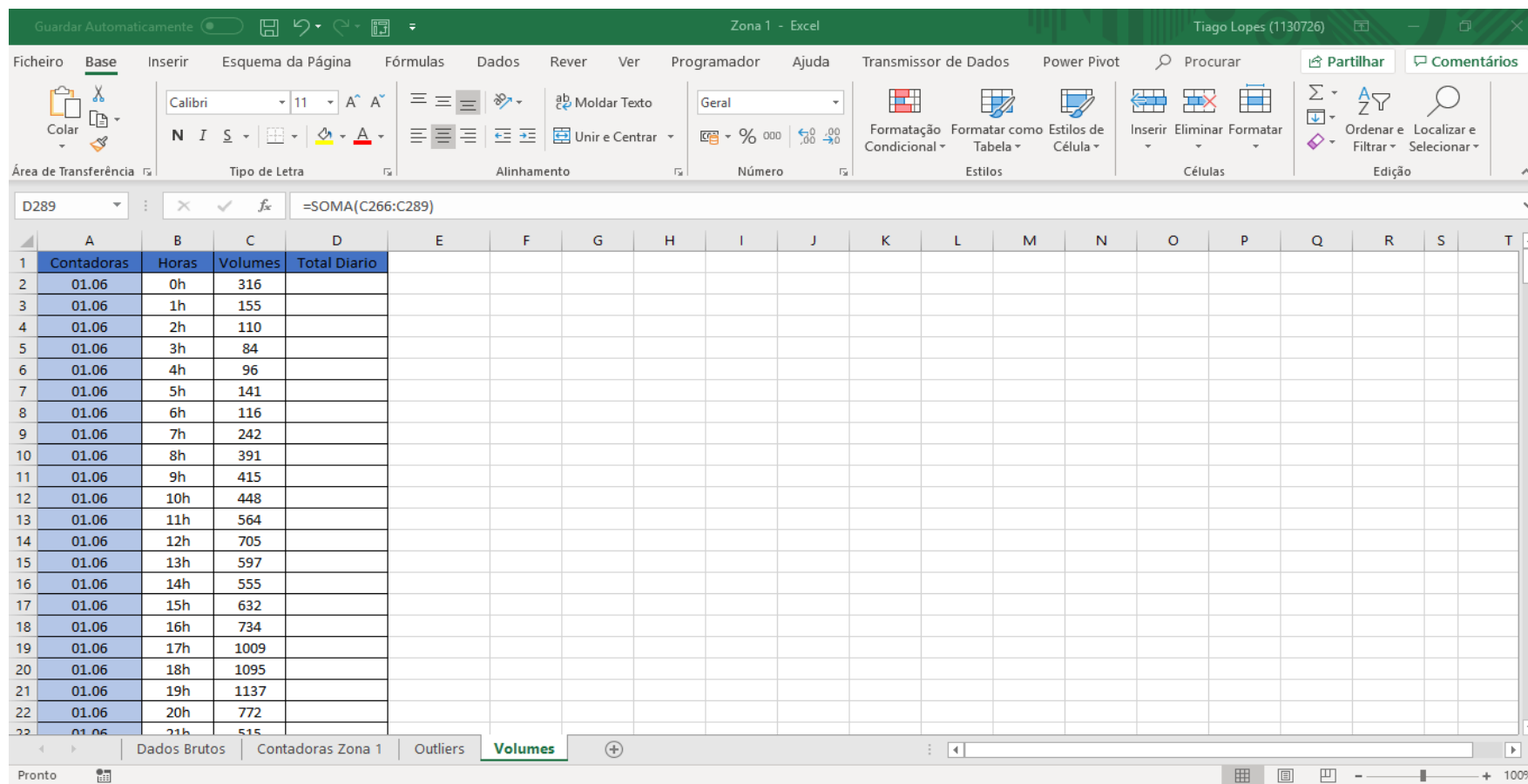


Figura 27 – Volume de tráfego.

Dado que, cada dia tem 10 zonas, é criado um ficheiro Excel para cada dia e zona. Este processo vai repetir-se para os 10 anos de dados. Após concluída a limpeza, criam-se as tabelas dinâmicas.

4.3.3.2. TABELAS DINÂMICAS

Nesta etapa do trabalho criam-se as tabelas dinâmicas, uma por cada mês de dados. Dado que, se analisam 10 anos e dois meses de dados, há 122 tabelas na totalidade. Na figura seguinte visualiza-se um exemplo deste tipo de tabelas.

	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	1 Total	
14 Zona 1-5e	2371	3771	3702	2940	1770	1588	1088	1375	1411	1418	1722	2450	3018	3138	2479	2768	3248	3280	3433	2650	2227	2189	2269	1960	57665
15 Avenida de Rodrigues de Freitas	186	301	292	200	153	127	104	130	113	122	175	184	287	311	239	243	288	270	283	194	203	174	180	150	4909
16 01.14	61	138	138	76	58	45	40	48	47	44	78	80	121	132	87	114	135	123	118	75	90	77	86	65	2076
17 01.18	125	163	154	124	95	82	64	82	66	78	97	104	166	179	152	129	153	147	165	119	113	97	94	85	2833
18 Ponte do Infante	669	1129	1109	670	494	452	340	386	347	384	458	627	785	907	768	826	937	1063	1051	794	616	578	547	592	16529
19 01.06	309	580	524	413	304	310	220	223	169	137	211	236	318	368	312	270	366	528	501	391	313	276	246	293	7818
20 01.07	360	549	585	257	190	142	120	163	178	247	391	467	539	456	556	571	535	550	403	303	302	301	299	8711	211
21 Rua das Fontainhas	340	506	512	270	205	152	136	186	164	211	229	408	511	552	390	442	462	441	474	360	306	325	278	8166	211
22 01.08	340	506	512	270	205	152	136	186	164	211	229	408	511	552	390	442	462	441	474	360	306	325	278	8166	211
23 Rua de Santo Ildefonso	423	651	602	414	290	287	246	207	200	202	279	392	496	475	387	583	666	633	648	555	490	465	456	437	10414
24 01.11	175	241	223	168	135	138	127	78	82	91	109	162	205	182	145	188	220	258	305	269	179	210	218	187	4291
25 01.12	248	410	379	246	155	149	119	129	118	111	170	230	293	293	242	395	446	365	345	286	251	235	238	250	6123
26 Rua do Campinho	223	386	425	209	111	105	71	74	62	62	91	113	156	172	145	153	221	197	224	177	163	147	123	132	3942
27 01.13	223	386	425	209	111	105	71	74	62	62	91	113	156	172	145	153	221	197	224	177	163	147	123	132	3942

Figura 28 – Tabela dinâmica

Com esta tabela é possível fazer uma análise acerca dos dados de tráfego daquele mês. O volume é representado por zona, rua e detetor. Esta tabela tem a funcionalidade de expandir ou diminuir os dias, zonas e ruas, facilitando desta forma, a sua análise.

Na folha “Gráficos”, encontra-se o volume de tráfego representado graficamente.

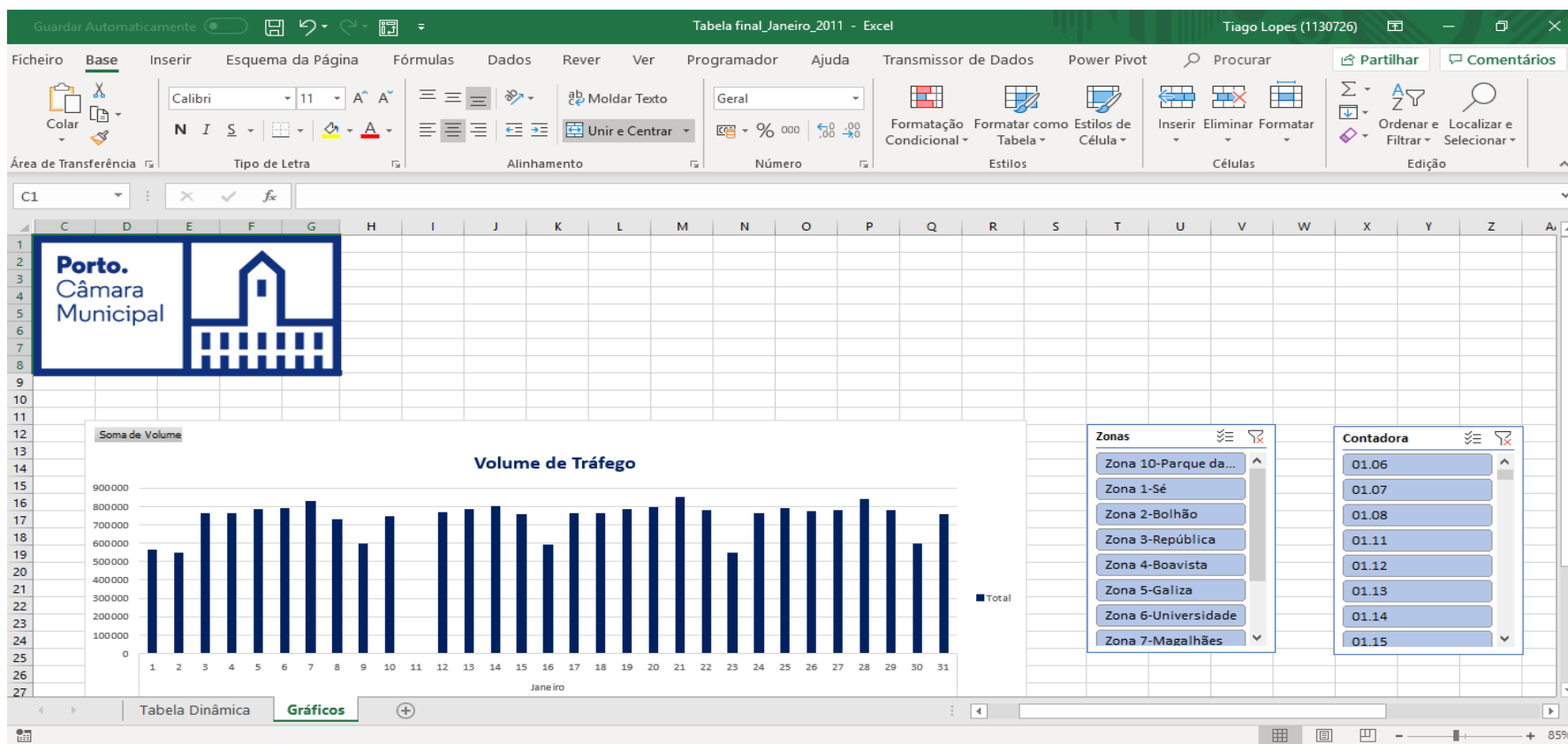


Figura 29 – Representação gráfica do volume de tráfego.

Nesta folha observa-se um gráfico do volume de tráfego. Pode-se analisar os gráficos por zona, onde se pode escolher a rua e o detetor que se quer analisar. Na figura seguinte visualizam-se os parâmetros que se podem escolher para realizar a análise gráfica.

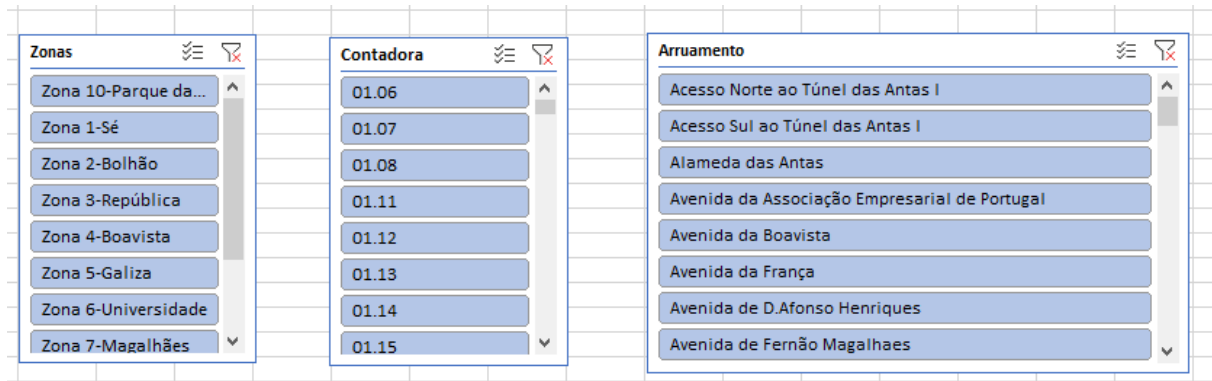


Figura 30 – Parâmetros de escolha para análise gráfica.

Após a criação das 122 tabelas, desenvolveu-se a aplicação (TRANSIT) onde se vão organizar as tabelas dinâmicas de modo a facilitar a sua consulta, do ponto de vista de utilizador.

4.3.4. INTERFACE GRÁFICA

Na indústria informática sempre existiu uma preocupação com a forma de interação dos humanos com os computadores. Inicialmente esta interação realizava-se através da linha de comando, em modo de texto. Com a evolução tecnológica esta passou a ser em três dimensões ou com *softwares* de reconhecimento de voz ou gestos. A ideia de criar uma interface gráfica surgiu muito antes de existir tecnologia necessária para a sua implementação [45].

Uma interface gráfica tem como objetivo facilitar a interação entre o utilizador e um determinado programa por meio de uma janela gráfica. Neste trabalho criou-se uma interface para facilitar a consulta das tabelas dinâmicas. Esta interface foi desenvolvida no Excel com programação VBA (*Visual Basic*).

FUNCIONAMENTO DA PLATAFORMA

Para aceder a plataforma deve-se clicar no ícone da figura seguinte.



Figura 31 – Ícone da plataforma TRANSIT.

Após clicar no ícone, o programa irá abrir e apresentar a aplicação. Na Figura 32 visualiza-se a interface gráfica criada com programação VBA.

A interface gráfica da plataforma TRANSIT é uma janela com o título "TRANSIT" e um botão de fechar (X) no canto superior direito. No canto superior esquerdo, há um logótipo que inclui o texto "Porto. Câmara Municipal" e um ícone de um edifício. No canto superior direito, há o logótipo "isep" em vermelho e o texto "Instituto Superior de Engenharia do Porto" em preto. Abaixo do logótipo, há dois campos de entrada de texto com setas de seleção no lado direito, rotulados "Ano" e "Mês". No canto inferior direito, há um botão "Abrir".

Figura 32 – Interface Gráfica da TRANSIT.

Como se pode observar na Figura 32, a interface é muito intuitiva. A mesma tem como funcionalidade escolher o ano e o mês que se pretendem analisar os dados. Para tal, basta escolher o ano e mês nas setas e depois clicar em “Abrir”. Desta forma, a TRANSIT abre a tabela dinâmica do ano e mês selecionados, como se visualiza na Figura 28. Caso não existam informações acerca do mês selecionado irá aparecer uma janela de aviso como a da figura seguinte.

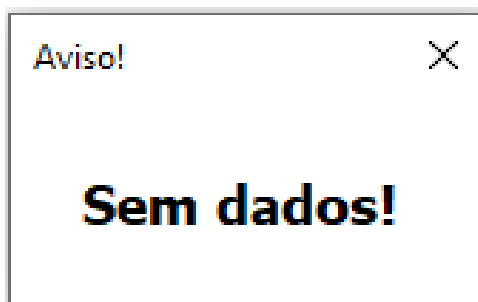


Figura 33 – Janela de aviso para a inexistência de dados acerca do mês.

Para entender melhor o funcionamento da plataforma consultar o manual do utilizador da aplicação no Anexo. N.

A plataforma foi testada e avaliada por colaboradores da CMP, tendo os mesmos dado a sua opinião, contribuindo com melhorias.

5. NEXT ARMIS ITS

O *software* NEXT surge no âmbito do projeto C-ROADS. Estando este em funcionamento na CMP, desde 2017, embora apresente alguns problemas de funcionamento. Este *software* foi desenvolvido pelo grupo Armis (*Armis Group*).

O grupo Armis é uma empresa de desenvolvimento de soluções digitais complexas. Define-se como um grupo capaz de realizar projetos de elevada complexidade e risco, oferecendo o melhor serviço possível. Esta empresa atua em diferentes áreas, como por exemplo, transportes, desporto, finanças, administração pública e indústria. Divide-se nas seguintes especialidades de negócio [46]:

- **ARMIS IT** (*Information Technology*) – foca-se na evolução das tecnologias e no desenvolvimento de soluções ambiciosas que correspondam às necessidades do cliente. Salientam-se: portais, aplicações móveis, *business intelligence*, testes de certificação de *software* e segurança e gestão de identidades;
- **ARMIS ITS** (*Intelligent Transport Systems*) – Implementação de soluções na área dos transportes;
- **ARMIS Digital Sport** – foca-se na implementação de soluções digitais na área do desporto;

- **ARMIS Sourcing** – oferece serviços de *sourcing*.

Para a realização desta dissertação a área de negócio em que me vou focar é a ARMIS ITS. Nesta área encontra-se o *software* NEXT.

O *software* NEXT permite a análise, simulação e previsão de dados de tráfego, meteorológicos e de incidentes. Desta forma, é possível criar uma rede real, recorrendo a uma rede virtual, que se constrói através de algoritmos de previsão.

Um sistema avançado de gestão de tráfego necessita de operar em tempo real de acordo com a informação obtida. Esta informação pode, por vezes, não ser suficiente. Portanto, é necessário antecipar os acontecimentos e tomar as medidas necessárias para resolver possíveis problemas. Prevendo vários cenários e através de simulações computacionais na rede, o NEXT ajuda os operadores na tomada de decisão [47].

O *software* NEXT tem as seguintes funcionalidades:

- **Monitor** – Monitorização da rede com a integração de dados;
- **Predictor** – Previsões futuras até 2 horas;
- **Advisor** – Aconselhamento, baseado em simulações virtuais da rede;
- **Planner** – Simulação e planeamento de possíveis cenários, com planos de gestão e operação;
- **Auditor** – Coordenação da interação de diversos módulos e análise comparativas entre o modelo real e o previsto.

5.1. C-ROADS

O projeto C-ROADS tem como objetivo o desenvolvimento de sistemas inteligentes de transportes cooperativos, sendo conhecidos como C-ITS. Com esta iniciativa pretende-se tornar as estradas portuguesas mais seguras, a mobilidade mais eficiente e reduzir as emissões de gases do transporte rodoviário. Este projeto surge da cooperação dos vários estados membros da união europeia [48].

O projeto tem uma durabilidade de 4 anos, sendo promovido pelo Ministério do Planeamento e das Infraestruturas e coordenado pelo Instituto da Mobilidade e dos Transportes. Tem diversos parceiros nacionais, tais como entidades públicas, concessionárias públicas e privadas de autoestradas, instituições de ensino, parceiros tecnológicos e de consultoria privados. Este projeto destaca-se pela implementação dos C-ITS em Portugal. O investimento associado foi de 8.354.797,36€, tendo sido participado em 50% por um fundo europeu, obtendo-se, 4.177.398,68€ [48].

Os C-ITS envolvem diversas tecnologias e aplicações. Consegue-se a troca eficaz de dados, por meio de tecnologias de comunicação sem fio, entre os componentes e o sistema de transporte. Desta forma, criam-se comunicações entre veículos (V2V) ou entre veículos e a infraestrutura (V2I). Utilizando as comunicações V2V ou V2I consegue-se fornecer assistência ao motorista, dando suporte no controlo do veículo. Isto tem efeitos positivos na segurança rodoviária e na eficiência do tráfego [4].

Os veículos podem ser utilizados como sensores. Desta forma, conseguem recolher informação acerca das condições atmosféricas, rodoviárias e sobre incidentes, sendo utilizados em serviços de informação de alta qualidade.

O processo de implantação dos C-ITS é um processo evolutivo. Envolve aspetos legais, organizacionais, administrativos, de governo, questões técnicas e de padronização além de questões de implementação e compras [4].

Na cidade do Porto está prevista a monitorização e previsão das condições de tráfego, com um intervalo de 2 horas. Desta forma, existe a possibilidade de criar planos para responder a eventuais ocorrências. Outro dos objetivos é a criação de soluções que permitam a troca de informações entre o autocarro, e a infraestrutura e os restantes veículos. Este foi testado na zona do Amial.

5.2. NEXT NO ÂMBITO DO PROJETO C-ROADS

O projeto C-ROADS chegou à CMP através do *software* NEXT. Tratando-se de um projeto piloto, foram delineados alguns dos serviços que seria capaz de realizar. As categorias consideradas foram:

- **Monitorização;**
- **Previsão;**
- **Planeamento.**

A estes serviços foram associados os seguintes casos de uso (funcionalidades):

- Integração e monitorização de dados;
- Alertas;
- Previsão de tráfego;
- Alertas de previsão;
- Definição, identificação e ativação de planos de contingência;
- Planeador.

INTEGRAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DE DADOS

O NEXT deve recolher dados de diversas fontes e providenciar visualização geográfica dos dados ao utilizador.

As informações do trânsito devem ser apresentadas de uma forma lógica e difusa, sendo de fácil interpretação. Ao utilizador também deve ser permitido ver valores absolutos de um determinado local. Também deve ter acesso a informações produzidas pelo sistema, como por exemplo, informações do estado do tráfego.

O *software* deve permitir a exploração de dados antigos e gerar relatórios. Este primeiro caso de uso serve de suporte aos alertas.

ALERTAS

Uma das funcionalidades do sistema é a capacidade de analisar e interpretar os dados recebidos e gerar avisos acerca de incidentes (acidentes, obras, avarias, etc.). Também deve gerar alertas caso exista uma irregularidade no tráfego. Estes avisos devem ser visíveis num mapa geográfico.

PREVISÃO DE TRÁFEGO

O NEXT deve ser capaz de utilizar *data mining*¹ e *machine learning*² de modo a produzir previsões de dados de tráfego. Com estas ferramentas é possível interpretar os dados e criar modelos dinâmicos de tráfego. Os dados recolhidos em tempo real serão utilizados para previsões. Estas devem ser representadas num mapa com diversas cores de forma lógica e difusa, de modo a facilitar a sua interpretação.

O utilizador deve ter acesso aos valores absolutos das previsões num determinado local. Também deve ser possível consultar previsões num intervalo até 2 horas.

ALERTAS DE PREVISÃO

O sistema deve ter capacidade de analisar condições anormais de tráfego no futuro e gerar alertas acerca destas anormalidades.

DEFINIÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E ATIVAÇÃO DE PLANOS DE CONTINGÊNCIA

O utilizador deve ser capaz de definir planos de contingência no sistema, estabelecendo o plano e em que condições deve ser acionado. O sistema também deve ter capacidade de identificar se as condições de ativação do plano são as indicadas e propor ao utilizador a utilização do mesmo.

.

¹ Capacidade de processar e explorar grandes quantidades de dados e encontrar padrões, como por exemplo, regras de associação ou sequências temporais.

² É a área de estudo de algoritmos e modelos estatísticos que os sistemas de computador suportam e são compostos por ou mais programas, onde as instruções são executadas repetidamente sobre um conjunto de dados massivo. Pode utilizar algoritmos supervisionados ou não supervisionados.

PLANEADOR

O *software* para melhorar o planeamento deve testar diferentes cenários na rede. Desta forma, consegue-se melhorar a precisão do planeamento de obras nas estradas, melhorias na rede, locais e restrições de eventos ou mesmo planos de contingência.

O *software* NEXT tem um computador exclusivo ao seu funcionamento. Todavia, apresenta problemas. O motivo prende-se com o facto de a instalação do mesmo não ter sido realizada de forma correta. Outro problema que apresenta é na representação do volume de tráfego, como se mostra de seguida.

5.3. NEXT VS TRANSIT

Uma das funcionalidades do NEXT é semelhante à da TRANSIT. Ambas as aplicações permitem a consulta do volume de tráfego da cidade do Porto. Esta funcionalidade integra o caso de uso “Integração e Monitorização de Dados”.

O NEXT também permite uma visualização gráfica do volume de tráfego (ver Figura 35).

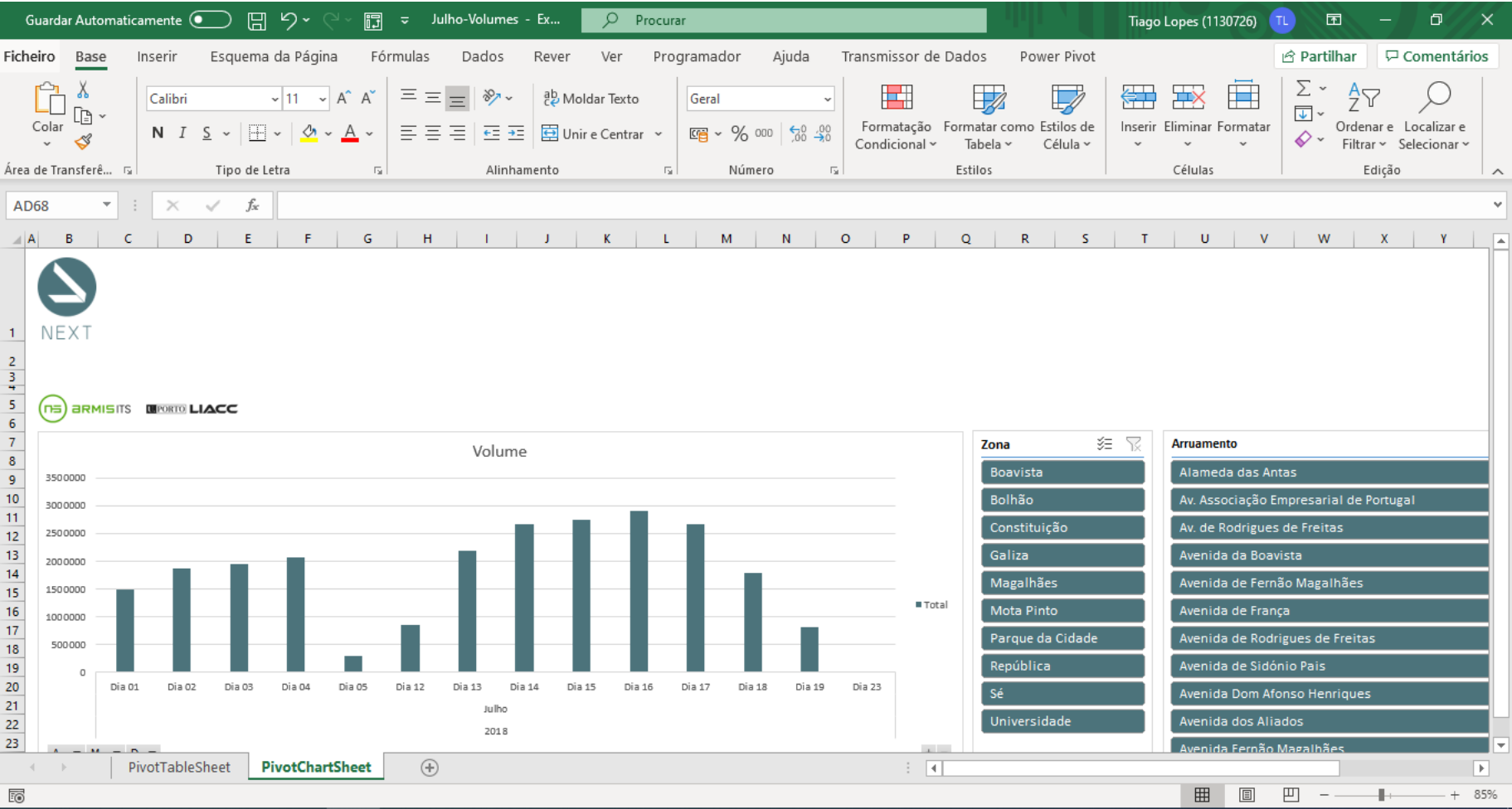


Figura 35 – Disposição de dados graficamente no NEXT.

Embora a apresentação dos resultados seja semelhante em ambas as plataformas, na realidade os resultados são diferentes. Um dos factores que contribui para a diferença é o facto de os detetores escolhidos pelo NEXT não coincidirem com os da TRANSIT, dado que, a simplificação dos mesmos foi realizada de forma diferente.

Depois de analisar os dados de tráfego, fez-se uma comparação entre o NEXT e a TRANSIT. Comparando as duas plataformas encontrou-se uma particularidade interessante, os resultados da análise do volume de tráfego pelo NEXT são quase sempre o dobro dos apresentados na TRANSIT.

Este fenómeno deve-se ao facto de a aplicação TRANSIT filtrar os dados fornecidos pelo GERTRUDE. Por outro lado, o *software* NEXT não aplica nenhum tipo de filtro e aceita todos os valores que o GERTRUDE fornece. A TRANSIT define um valor máximo e mínimo de tráfego, enquanto o NEXT soma os dados na sua totalidade. Outra situação que acentua a gravidade deste ponto é que além de não utilizar nenhum filtro, após somar os dados, ainda os multiplica por dois. Este último passo não faz sentido, dado que, os detetores (espiras) ocupam a totalidade da faixa de rodagem, como se pode visualizar na Figura 36.



Figura 36 – Capacidade de leitura da espira.

A multiplicação por dois só faria sentido no caso de passarem dois veículos ao mesmo tempo e o detetor só interpretar essa passagem como sendo um veículo. Estes casos só se distinguiria analisando outros dados, aos quais só a CMP tem acesso. Assim, os criadores do NEXT não poderiam distinguir as duas situações: passagem de dois veículos ou de apenas um.

Após identificar este problema reportei-o à Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego. Os engenheiros de tráfego consideraram pouco credível a abordagem que a ARMIS teve na análise dos dados. Neste sentido, notificou-se o problema à ARMIS aguardando resposta até ao momento. Desta forma, em conjunto com os Engenheiros de tráfego da CMP, verificou-se que o NEXT não estaria a funcionar corretamente, pelos motivos referidos na página anterior (Figura 36).

De seguida vão ser apresentados alguns exemplos de cada uma das plataformas para as mesmas condições.

Tabela 16 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 1 (julho 2018).

Zona 1			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
0h	01-14	180	90
4h	01-14	44	22
8h	01-06	72	36
14h	01-06	200	100
14h	01-15	266	133
16h	01-15	218	109

No exemplo apresentado verifica-se que os dados do NEXT são o dobro dos dados disponibilizados pela TRANSIT. Isto acontece porque neste exemplo os dados não apresentavam erros. Consultar Anexo. O, para mais comparações dos resultados de outras zonas.

Os valores do NEXT não são o dobro dos da plataforma quando existem valores anormais (*outliers*). O seguinte exemplo demonstra este acontecimento.

Tabela 17 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 10 (julho 2018).

Zona 10			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
1h	10-01	312	156
22h	10-01	1108	554
17h	10-05	1072	536
23h	10-05	251	131
15h	10-07	1318	456
19h	10-07	3192	781

No exemplo apresentado observa-se que alguns dos valores do NEXT já não são o dobro dos da TRANSIT. O detetor 10-07 é exemplo disso. Isto acontece, porque, a TRANSIT filtrou os erros. Por outro lado, o NEXT somou os dados na sua totalidade e multiplicou por dois. Por este motivo os resultados são diferentes.

Em suma, a análise ao *software* NEXT e à plataforma TRANSIT, permitiu questionar o procedimento do NEXT no tratamento dos dados do volume de tráfego. Neste, detetaram-se duas falhas cruciais: não limpa os dados, para remover potenciais *outliers* e multiplica sempre os dados por dois. Por outro lado, a TRANSIT, utiliza um filtro para limpar os dados. Desta forma, conclui-se que o *software* NEXT não é o mais indicado no que respeita à criação de modelos de tráfego.

6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Esta dissertação foi desenvolvida na Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego (DMGMT). Esta divisão está encarregue de realizar estudos na área da mobilidade, tráfego e instalações semaforicas.

Neste capítulo apresentamos as conclusões do trabalho. Também são apresentadas ideias para melhoramentos futuros.

6.1. CONCLUSÕES

A dissertação consistiu na realização de um estudo na área de Engenharia de tráfego. Desenvolveu-se uma plataforma, a TRANSIT, com o objetivo de analisar volumes de tráfego da cidade do Porto. Os transportes têm um papel importante na sociedade, dado que as pessoas têm necessidade de se movimentar de um determinado ponto até outro, de uma forma rápida, segura e com um bom nível de conforto. Estima-se que em 2020 o número de

veículos a circular seja o dobro dos que circulam atualmente. Em 2018, foi realizado um estudo acerca das condições do trânsito rodoviário nas horas de ponta em diferentes países. Em Portugal, a cidade que apresenta mais trânsito é a cidade do Porto.

A plataforma TRANSIT permite a análise e visualização dos dados de tráfego recolhidos do sistema de gestão de tráfego da CMP. Para o desenvolvimento da mesma, usou-se o Excel. O trabalho foi dividido em duas fases. Na primeira fase do projeto fez-se a limpeza dos dados, removendo os *outliers*. De seguida os dados foram importados para uma tabela dinâmica. Com isto foi possível analisar os dados analiticamente e graficamente. As tabelas permitem realizar uma análise por dia, zona ou mês. Por último, criou-se a interface gráfica da TRANSIT que facilita a consulta destas tabelas.

A TRANSIT, foi comparada com o NEXT. Verificou-se que apesar de serem esteticamente semelhantes, os resultados que ambas apresentam são distintos. Isto deve-se ao facto de a simplificação dos detetores ter sido efetuada de forma diferente.

Com este estudo, conclui-se que o *software* NEXT apresenta duas lacunas no tratamento de dados. Nomeadamente, não filtra os dados, aceitando todas as entradas. Um outro fator que acentua os problemas do NEXT é a multiplicação da soma dos dados por dois. Esta multiplicação só faria sentido em casos de no instante da contagem passassem dois veículos e o detetor interpretasse apenas um.

A TRANSIT aplica um filtro aos dados, que depende do número de vias que a estrada tem no local, onde está instalado o detetor. Este filtro só aceita valores dentro de um determinado intervalo. De seguida, soma os dados não efetuando qualquer multiplicação. Desta forma conclui-se que o *software* NEXT não é o mais indicado no que respeita à criação de modelos de tráfego.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Esta dissertação serve como ponto de partida para a criação de uma plataforma única que contenha os dados de tráfego que provêm do GERTRUDE.

O objetivo deste trabalho era analisar e tratar os dados de tráfego da cidade do Porto. Para tal utilizou-se o Excel a pedido da CMP, dado que os computadores da Câmara têm dificuldade em aceder a licenças de outros *softwares*. A isto acresce o facto de os utilizadores não terem muita liberdade para instalar aplicações, tendo que pedir autorização para poder fazê-lo. Por isso, o tratamento de dados foi um pouco trabalhoso. Num futuro próximo, quando se atualizar a plataforma, poder-se-ão utilizar métodos de processamento mais rápidos. Uma das alternativas será a criação de algoritmos em diversas linguagens ou a utilização de *softwares*. Um dos *softwares* que facilitaria o tratamento dos dados seria o *Power BI* da Microsoft, dado que, permite de uma forma fácil a criação de relatórios e *dashboards*. Uma linguagem muito usual em *data analysis* é o *python*, o que a torna uma boa alternativa.

Para o tratamento de dados optou-se por excluir os *outliers*, que não se encontravam no intervalo de valores aceitável. Este intervalo foi definido calculando a capacidade máxima que a estrada suportava, dependendo do número de vias. Outra alternativa ao tratamento dos dados seria a substituição de séries temporais, isto é, substituir um valor anormal por um valor aceitável. Esta substituição só é possível se as condições forem as mesmas, como, por exemplo, tem que ser o mesmo detetor, no mesmo mês e à mesma hora em que foi feita a leitura (ex: um *outlier* datado às 03:05 será substituído por outro valor aceitável correspondente às 03:05).

A plataforma, TRANSIT, foi desenvolvida localmente no computador. Portanto uma melhoria futura seria a criação de uma base de dados em SQL, para posteriormente se criar uma página web. Esta página web seria muito parecida ao desenvolvido, mas encontrar-se-ia online. Desta forma, poderia aceder-se aos dados, a partir de qualquer computador, o que facilitaria a consulta dos mesmos.

O tema de Engenharia de Tráfego encontra-se em expansão, estando neste momento a passar por uma evolução tecnológica. Hoje em dia existe um grande investimento nesta área.

Referências Documentais

- [1] D. Campos and P. Pinto, 08 01 2008. [Online]. Available: http://ave.dee.isep.ipp.pt/~mjf/act_lect/SIAUT/Trabalhos%202007-08/Trabalhos/SIAUT_ITS.pdf. [Accessed 18 02 2019].
- [2] F. da Cunha, G. Maia, C. Celes, B. dos Santos, P. Lopes, A. Campolina, D. Guidoni, F. de Souza, L. Villas, R. Mini and A. Loureiro, "Sistemas de Transporte Inteligentes: Conceitos, Aplicações e Desafios," 2017.
- [3] A. Teixeira, "JN," 23 02 2018. [Online]. Available: <https://www.jn.pt/nacional/especial/interior/e-no-porto-que-se-perde-mais-tempo-no-transito-9139493.html>. [Accessed 06 02 2019].
- [4] "C-ROADS," [Online]. Available: <https://www.c-roads.eu/platform/objectives.html>. [Accessed 17 09 2019].
- [5] L. da Silva, "Análise da Circulação Rodoviária Urbana com Recurso à Modelação de Tráfego," Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2018.
- [6] J. P. Tavares, *Gestão Centralizada do Controlo de Tráfego - Sistemas, Tecnologias e Condicionantes de Implementação*, Coimbra: FEUP, 2013.
- [7] "World Road Association Mondiale de la Route," [Online]. Available: <https://rno-its.piarc.org/en/its-basics-its-technologies-data-and-information/roadway-sensors>. [Accessed 09 02 2019].
- [8] A. Meireles, "Sistemas de Transporte Inteligentes: aplicação da telemática na gestão do trânsito urbano," Belo Horizonte, 1999.
- [9] L. Figueiredo, "Sistemas Inteligentes de Transportes," Dissertação de Doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2005.
- [10] G. Foerster, "Traffic state estimation using hierarchical clustering and principal components analysis: a practical approach," Fraunhofer Institute for Transportation and Infrastructure Systems, Dresden, 2008.
- [11] T. Djukic, J. W. C. van Lint and S. P. Hoogendoorn, "Application of Principal Component," *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2283, no. 1, pp. 81-89, 2012.

- [12] "Cm-Porto," [Online]. Available: <http://www.cm-porto.pt/historia-da-cidade>. [Accessed 20 02 2019].
- [13] "Civitalis Porto," [Online]. Available: <https://www.tudosobreporto.com/historia>. [Accessed 20 02 2019].
- [14] "PortoXXI," [Online]. Available: http://www.portoxxi.com/cultura/ver_edificio.php?id=30. [Accessed 15 03 2019].
- [15] A. Pande and B. Wolshon, *Traffic Engineering Handbook*, 7th Edition, The Institute of Transportation Engineers, 2016.
- [16] J. Tavares, "Aplicabilidade e Robustez de Modelos de Afetação de Tráfego em Redes Urbanas," *Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil*, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2003.
- [17] D. Lemes, "Geração e Análise do Cenário Futuro como um Instrumento do Planejamento Urbano e de Transportes," *Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil*, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
- [18] N. Geroliminis and C. Daganzo, "Macroscopic modeling of traffic in cities," in *Transportation Research Board 86th Annual Meeting, No. 07-0413*. No. 07-0413, Washington, D.C, 2007.
- [19] J. Machado, "Modelação e Simulação de Sistemas de Tráfego," *Projeto de Licenciatura em Engenharia Informática*, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2004.
- [20] J. Tavares and J. Pereira, "Modelos de Simulação e de Previsão de Tráfego," *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, Porto, 2015.
- [21] *Design Manual for Roads and Bridges Volume 12*, Reino Unido: Highways Agency, 1996.
- [22] O. Teixeira, "Mobilidade e Acessibilidade Urbana - Estudo do Município de Viana," *Dissertação de Mestrado em Gestão Autárquica*, Instituto Superior de Educação e Ciências, Viana do Castelo, 2014.
- [23] M. Costa, "Um Índice de Mobilidade Urbana Sustentável," *Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil*, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [24] R. Leite, "Aplicação dos Modelos de Estimação da Matriz Origem-Destino (O/D) em Planejamento de Transporte Urbano," *Dissertação de Mestrado em ciências de Engenharia*, na área de concentração de Engenharia de produção, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2003.
- [25] B. Bertocini, "Uma Proposta de Estimação da Matriz a Partir dos Fluxos de Tráfego observados nas Interseções da Rede de Transportes," *Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes*, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- [26] C. Vilarinho, "Calibração de Modelos Microscópicos de Simulação de Tráfego em Redes Urbanas," *Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil*, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

- [27] A. Vasconcelos, "Modelos de Atribuição/Simulação de Tráfego: O Impacto na Qualidade dos Resultados de Erros no Processo de Modelação," Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2004.
- [28] A. da Costa, Manual do Planeamento de Acessibilidades e transportes - Correntes de Tráfego, Porto: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, 2008.
- [29] S. Hoogendoorn and P. Bovy, "State-of-the-art of Vehicular Traffic Flow Modelling," *Journal of Systems and Control Engineering*, vol. Proceedings of the IMECH Engineers, pp. 283-303, 2001.
- [30] I. de Jesus, "Sistemas Inteligentes de Transportes," Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2001.
- [31] G. Nowacki, "Development and Standardization of Intelligent Transport Systems," *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol. 6, no. 3, pp. 403-411, 2012.
- [32] M. Alam, A. Rayes, X. He, M. Atiquzzaman, J. Lloret and K. F. Tsang, "Introduction to the Special Issue on Dependable," *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, pp. 949-952, 3 03 2018.
- [33] S. Fernandez and T. Ito, "Driver Classification for Intelligent Transportation Systems using," *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pp. 1212-1216, 2016.
- [34] J. Guerrero-Ibáñez, S. Zeadally and J. Contreras-Castillo, "Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems," *Sensors*, pp. 05-08, 2018.
- [35] K. Nellore and G. Hancke, "A Survey on Urban Traffic Management System Using Wireless Sensor Networks," *Sensors*, p. 06, 2016.
- [36] "GERTRUDE," [Online]. Available: <http://www.gertrude.fr/>. [Accessed 09 04 2019].
- [37] "mlit," Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2004. [Online]. Available: <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/whatsITS/safety.html>. [Accessed 11 04 2019].
- [38] Y. Zhuang and L. Chen, "CleanDB," *In-network Outlier Cleaning for Data Collection in Sensor Networks*, 2006.
- [39] X. Li, Z. Li, J. Han and J.-G. Lee, "IEEE International Conference on Data Engineering," *Temporal Outlier Detection in Vehicle Traffic Data*, pp. 1319-1322, 2009.
- [40] E. R. F. Oquendo, J. B. Clemente, J. A. Malinao and H. N. Adorna, "Characterizing Classes of Potential Outliers through Traffic Data Set Data Signature 2D nMDS Projection," *arXiv preprint arXiv:1702.07501*, 2017.
- [41] M. Figueira, Identificação de outliers, 10 1998. [Online]. Available: <http://www.ipv.pt/millennium/arq12.htm>. [Accessed 02 05 2019].

- [42] P. Sarabando, Dep. Matemática Escola Superior de Tecnologia de Viseu, 2009. [Online]. Available:
<http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/psarabando/CET%20%20Ambiente%202008-2009/Slides/8.%20Outliers.pdf>. [Accessed 02 05 2019].
- [43] L. Berton, "Caracterização de classes e deteção de outliers em redes complexas," Dissertação de Mestrado em Ciências de Computação e Matemática, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, São Carlos, 2011.
- [44] A. da Costa and J. Macedo, Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária - Níveis de Serviço em Estradas e Auto-Estradas, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, 2008.
- [45] "canaltech," [Online]. Available: <https://canaltech.com.br/produtos/O-que-e-GUI/>. [Accessed 20 08 2019].
- [46] "ARMIS," [Online]. Available: <https://www.armis.pt/>. [Accessed 15 09 2019].
- [47] "NEXT," [Online]. Available: <http://its.armis.pt/produtos/next/>. [Accessed 16 09 2019].
- [48] "IMT," 28 12 2017. [Online]. Available: <http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Noticias/Paginas/1-Workshop-Projeto-C-ROADSPORTUGAL.aspx>. [Accessed 16 09 2019].

Anexo A. Zona de funcionamento do Sistema SIGA

Anexo B. Zona 1

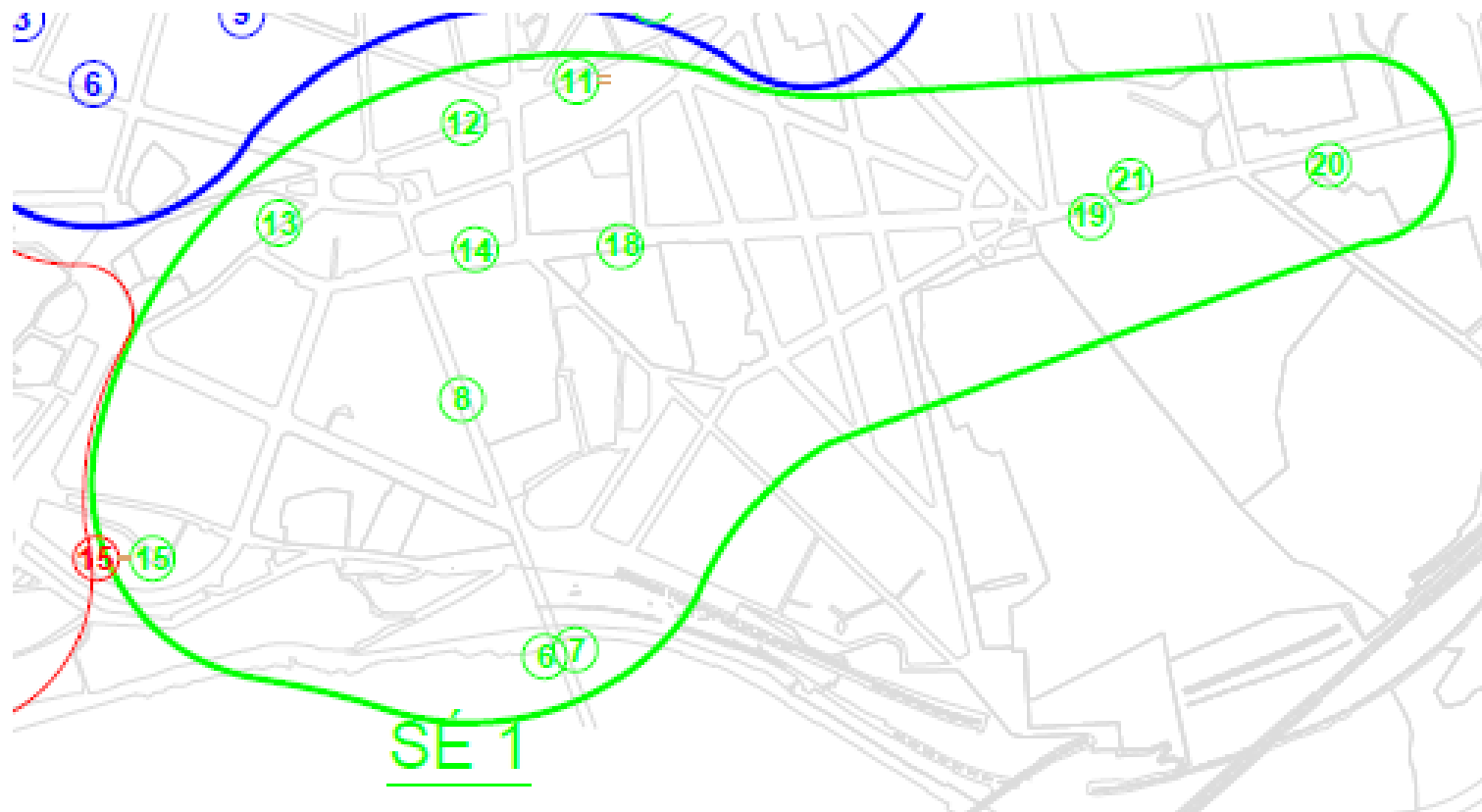


Figura 38 – Zona 1 (Sé).

Anexo C. Zona 2

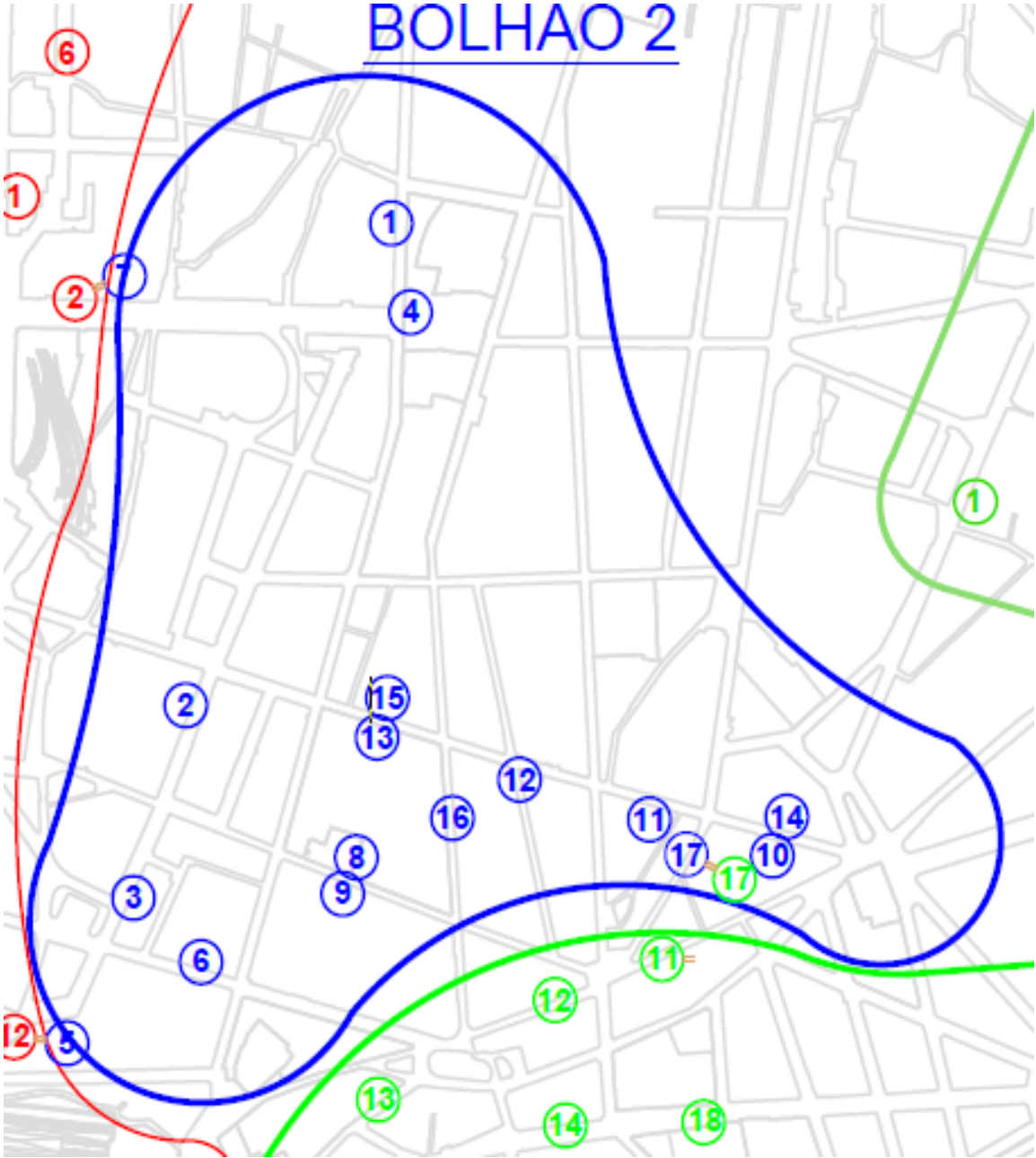


Figura 39 – Zona 2 (Bolhão).

Anexo D. Zona 3

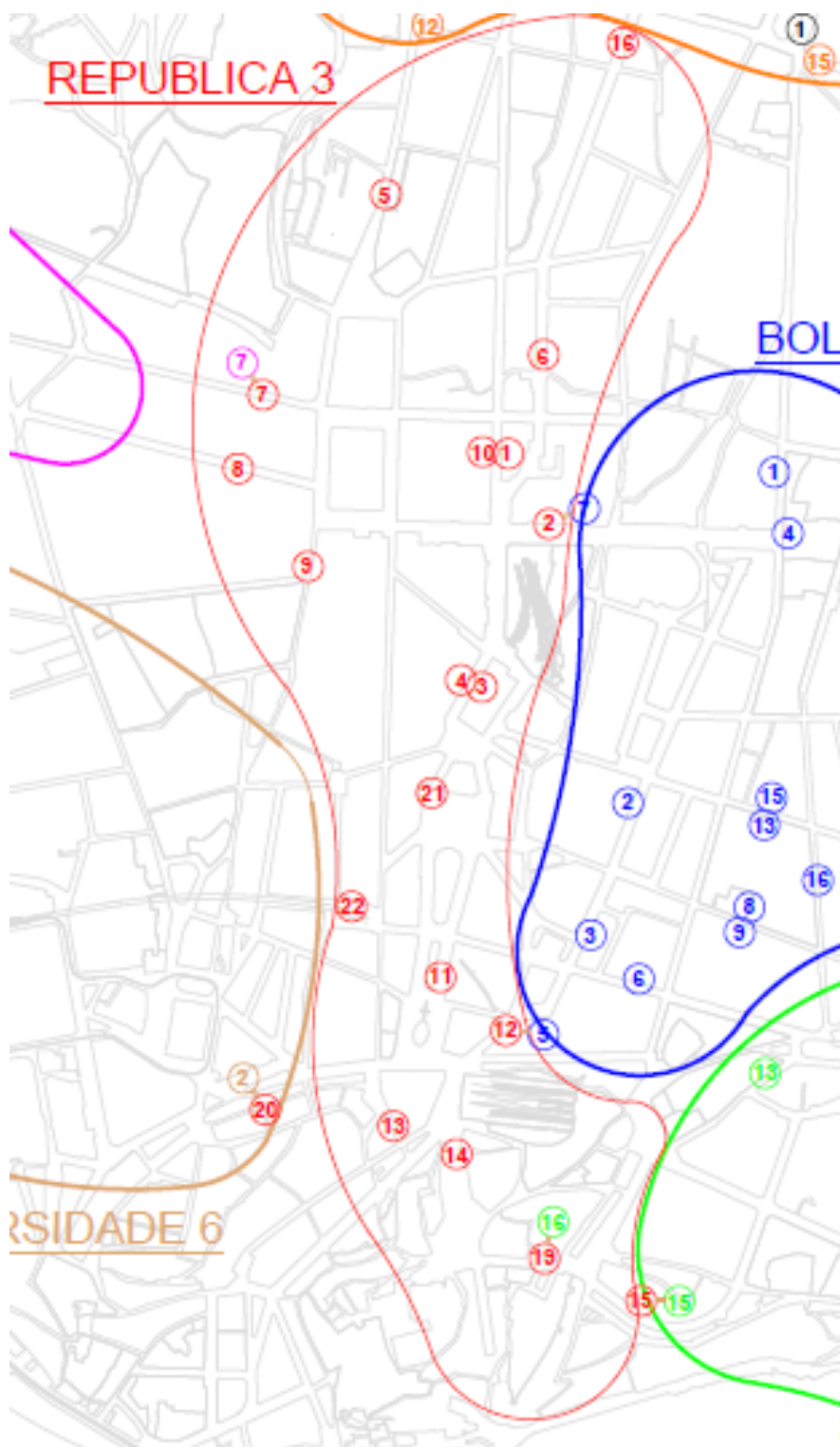


Figura 40 – Zona 3 (República).

Anexo E. Zona 4

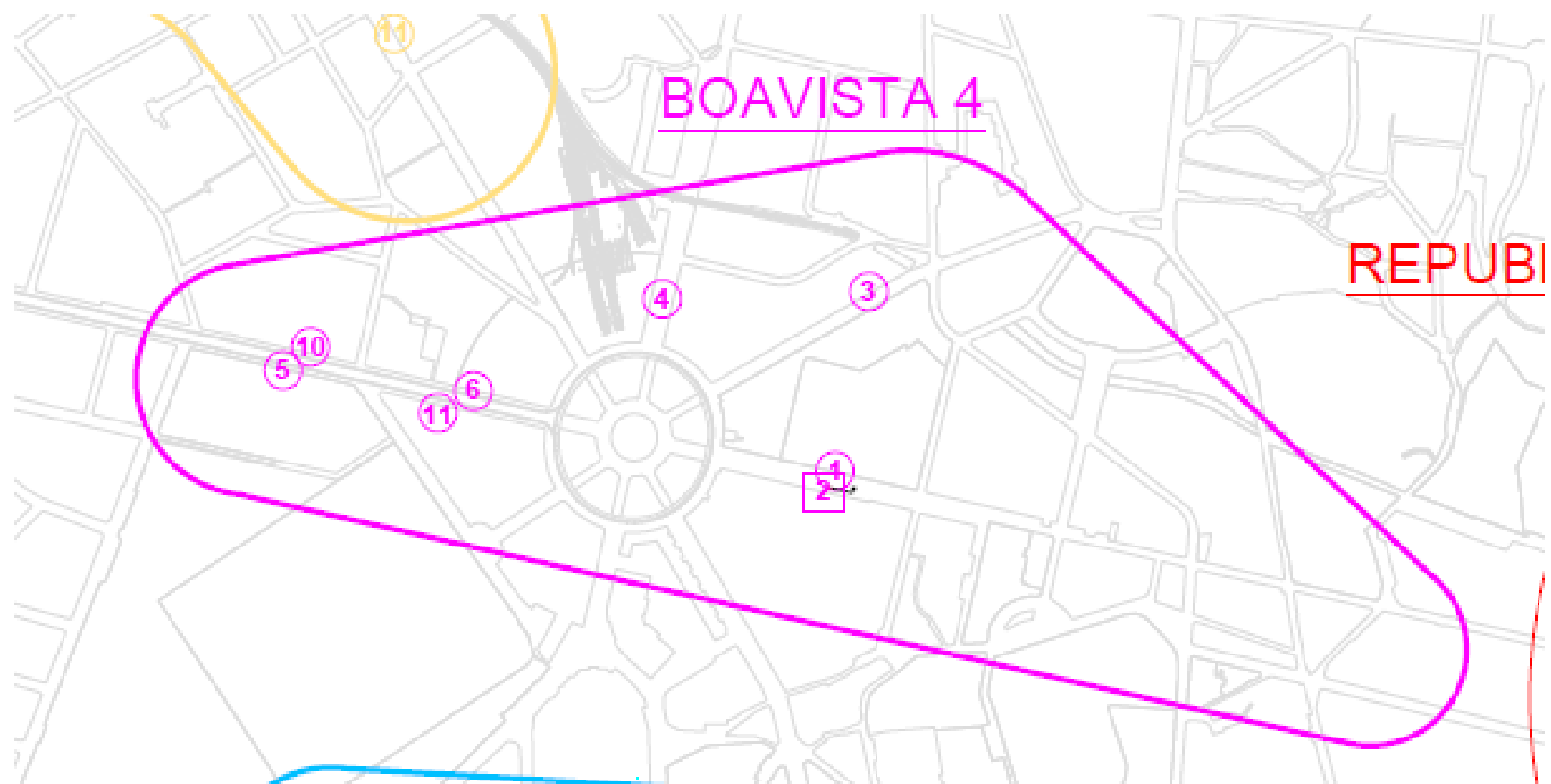


Figura 41 – Zona 4 (Boavista).

Anexo F. Zona 5

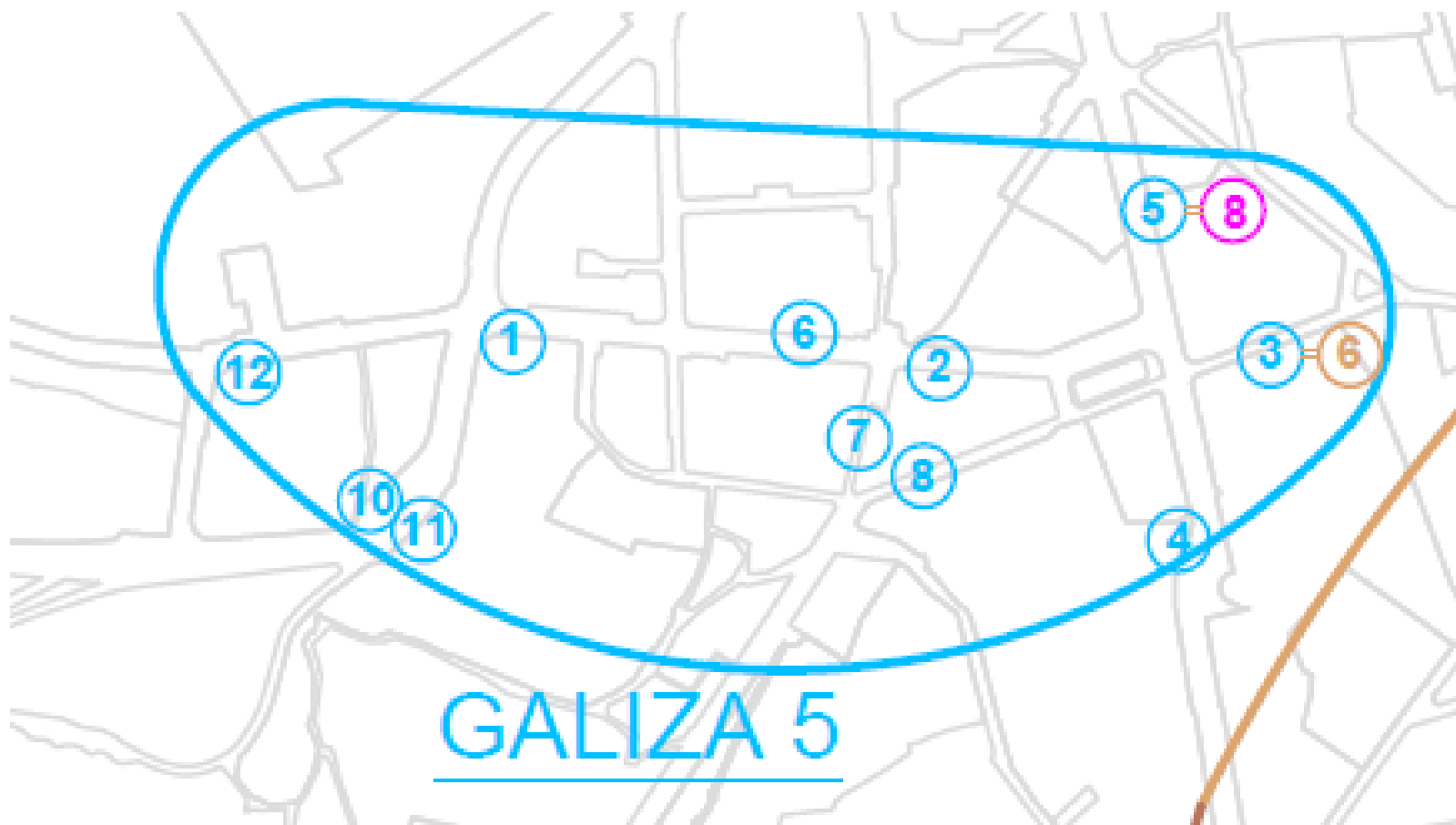


Figura 42 – Zona 5 (Galiza).

Anexo G. Zona 6

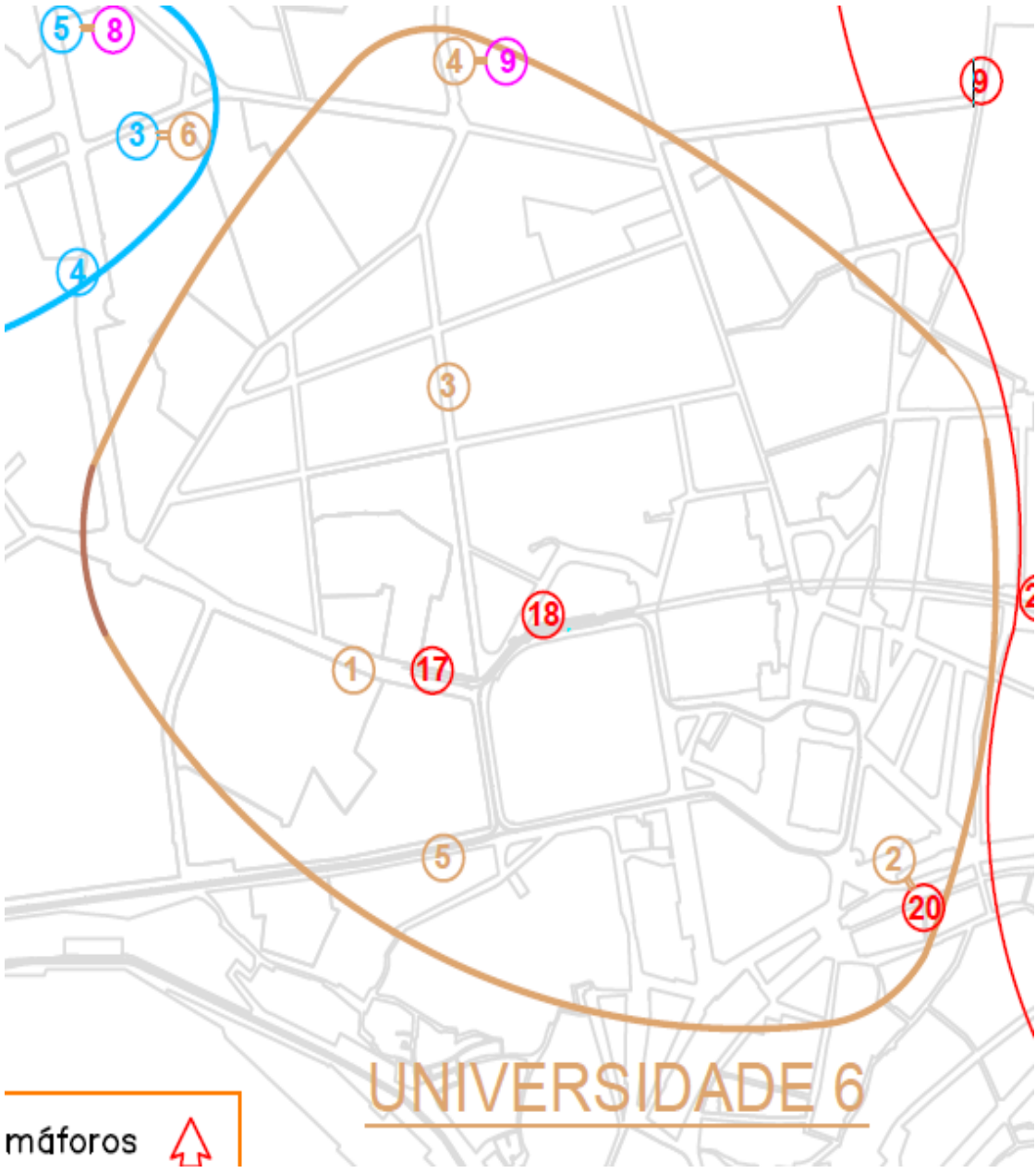


Figura 43 – Zona 6 (Universidade).

Anexo H. Zona 7

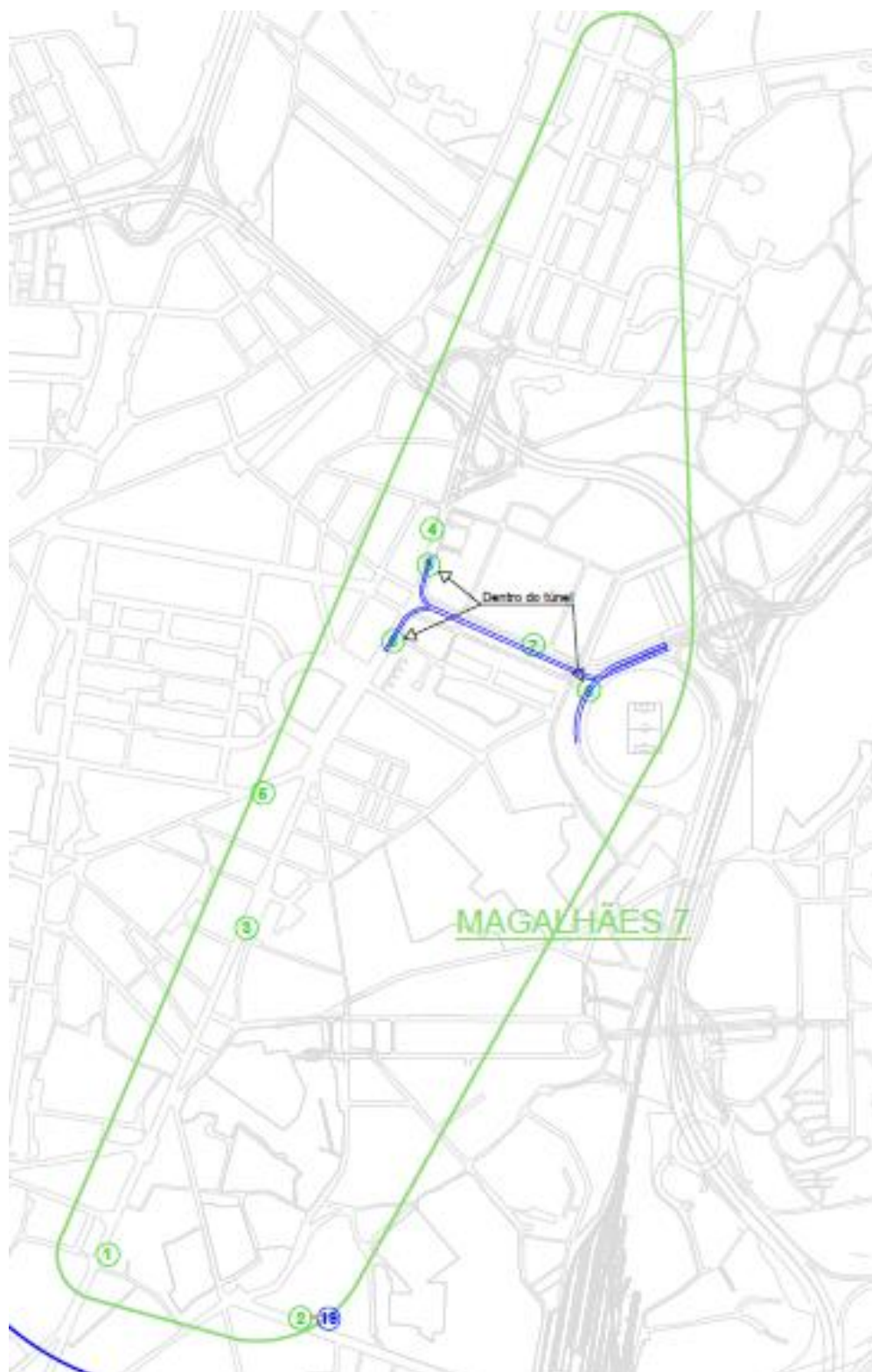


Figura 44 – Zona 7 (Magalhães).

Anexo I. Zona 8



Figura 45 – Zona 8 (Mota Pinto).

Anexo J. Zona 9



Figura 46 – Zona 9 (Constituição).

Anexo K. Zona 10

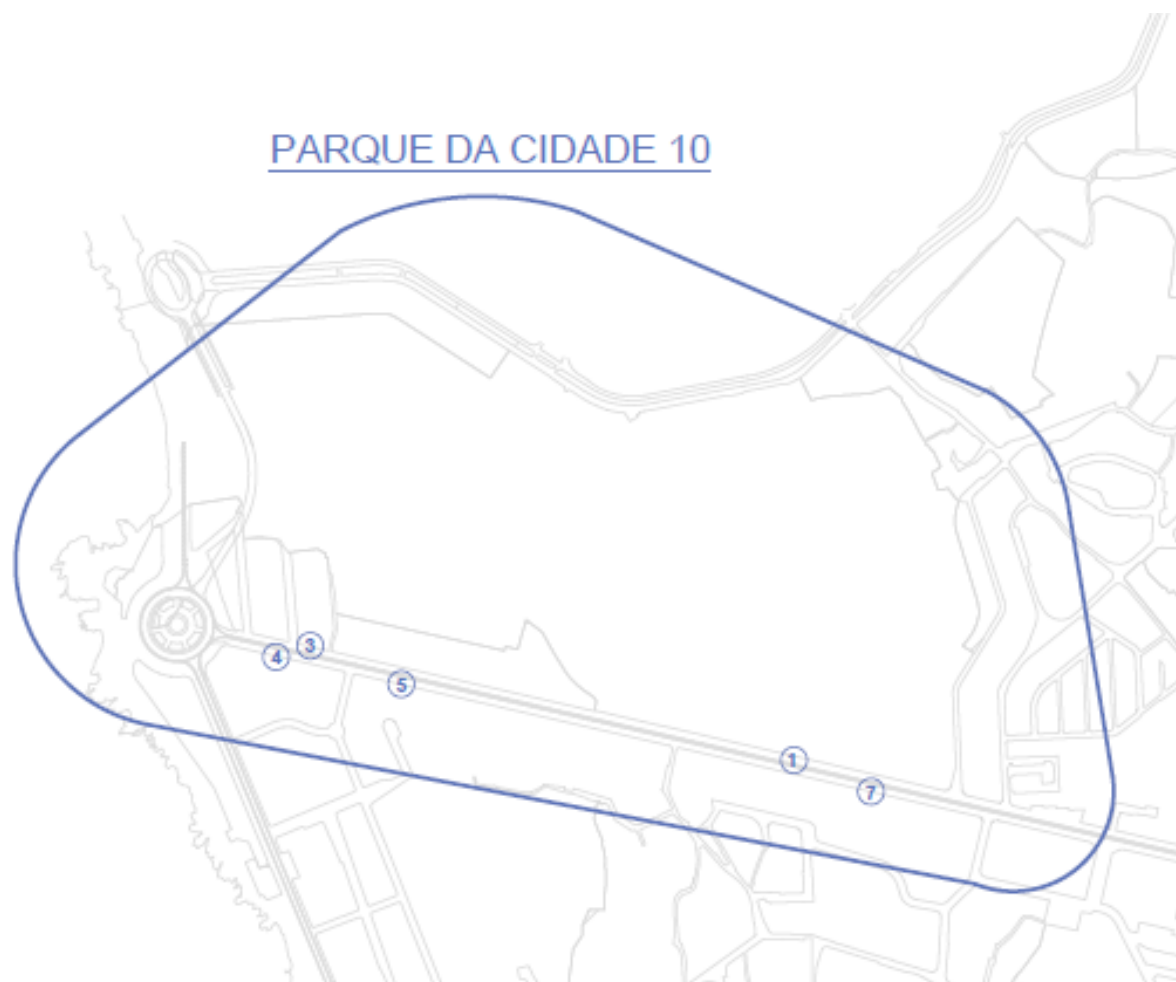


Figura 47 – Zona 10 (Parque da Cidade).

PARQUE DA CIDADE 10



Figura 48 – Zona 10 (Prelada).

Anexo L. Lista completa de detetores por zona

Tabela 18 – Lista completa de detetores por zona.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10
Detetores	01-06	02-01	03-01	04-01	05-01	06-01	07-01	08-01	09-01	10-01
	01-07	02-02	03-02	04-02	05-02	06-02	07-02	08-02	09-02	10-03
	01-08	02-03	03-03	04-03	05-03	06-03	07-03	08-03	09-03	10-04
	01-11	02-04	03-04	04-04	05-04	06-04	07-04	08-04	09-04	10-05
	01-12	02-05	03-05	04-05	05-05	06-05	07-05	08-05	09-05	10-07
	01-13	02-06	03-06	04-06	05-06	06-06	07-06	08-06	09-06	-
	01-14	02-07	03-07	04-07	05-07	-	07-07	08-07	09-07	-
	01-15	02-08	03-08	04-08	05-08	-	07-08	08-08	09-08	-
	01-16	02-09	03-09	04-09	05-10	-	07-09	08-09	09-09	-
	01-17	02-10	03-10	04-10	05-11	-	-	08-10	09-10	-
	01-18	02-11	03-11	04-11	05-12	-	-	08-11	09-11	-
	01-19	02-12	03-12	-	-	-	-	-	09-12	-
	01-20	02-13	03-13	-	-	-	-	-	09-13	-
	01-21	02-14	03-14	-	-	-	-	-	09-14	-
	-	02-15	03-15	-	-	-	-	-	09-15	-
	-	02-16	03-16	-	-	-	-	-	09-16	-
	-	02-17	03-17	-	-	-	-	-	09-17	-
	-	-	03-18	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	03-19	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	03-20	-	-	-	-	-	-	-

	-	-	03-21	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	03-22	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 19 – Lista de detetores fisicamente iguais.

01-15	03-15
02-17	01-17
03-07	04-07
03-19	01-16
05-05	04-08
06-04	04-09
07-02	02-19

Anexo M. Localização de detetores do sistema SIGA

Zona	Rua	Detetor
Zona 1-Sé	Ponte do Infante	01.06
Zona 1-Sé	Ponte do Infante	01.07
Zona 1-Sé	Rua das Fontainhas	01.08
Zona 1-Sé	Rua de Santo Ildefonso	01.11
Zona 1-Sé	Rua de Santo Ildefonso	01.12
Zona 1-Sé	Rua do Campinho	01.13
Zona 1-Sé	Avenida de Rodrigues de Freitas	01.14
Zona 1-Sé	Rua do General Sousa Dias	01.15
Zona 1-Sé	Avenida de Rodrigues de Freitas	01.18
Zona 1-Sé	Rua do Heroísmo	01.19
Zona 1-Sé	Rua do Heroísmo	01.20
Zona 1-Sé	Rua do Heroísmo	01.21
Zona 2-Bolhão	Rua de Santa Catarina	02.01
Zona 2-Bolhão	Rua de Sá da Bandeira	02.02
Zona 2-Bolhão	Rua de Sá da Bandeira	02.03
Zona 2-Bolhão	Rua de Santa Catarina	02.04
Zona 2-Bolhão	Rua de Passos Manuel	02.06
Zona 2-Bolhão	Rua Formosa	02.08
Zona 2-Bolhão	Rua Formosa	02.09
Zona 2-Bolhão	Rua de Fernandes Tomás	02.10
Zona 2-Bolhão	Rua de Fernandes Tomás	02.11
Zona 2-Bolhão	Rua de Fernandes Tomás	02.12
Zona 2-Bolhão	Rua de Fernandes Tomás	02.13
Zona 2-Bolhão	Rua de Fernandes Tomás	02.14
Zona 2-Bolhão	Rua de Fernandes Tomás	02.15
Zona 2-Bolhão	Rua da Alegria	02.16
Zona 2-Bolhão	Rua de Coelho Neto	02.17
Zona 3-República	Rua de Camões	03.01
Zona 3-República	Rua de Gonçalo Cristóvão	03.02
Zona 3-República	Rua dos Heróis e Mártires de Angola	03.03

Zona 3-República	Rua dos Heróis e Mártires de Angola	03.04
Zona 3-República	Largo da Lapa	03.05
Zona 3-República	Rua de Fonseca Cardoso	03.06
Zona 3-República	Rua da Boavista	03.07
Zona 3-República	Rua de Álvares Cabral	03.08
Zona 3-República	Rua dos Mártires da Liberdade	03.09
Zona 3-República	Rua de Camões	03.10
Zona 3-República	Avenida dos Aliados	03.11
Zona 3-República	Rua de Sá da Bandeira	03.12
Zona 3-República	Rua de Trindade Coelho	03.13
Zona 3-República	Avenida de D. Afonso Henriques	03.14
Zona 3-República	Tunél de Faria Guimarães	03.16
Zona 3-República	Tunél dos Almadas	03.17
Zona 3-República	Tunél dos Almadas	03.18
Zona 3-República	Rua de Saraiva de Carvalho	03.19
Zona 3-República	Rua do Clube dos Fenianos	03.21
Zona 3-República	Praça de D. Filipa de Lencastre	03.22
Zona 4 -Boavista	Avenida da Boavista	04.01
Zona 4 -Boavista	Avenida da Boavista	04.02
Zona 4 -Boavista	Rua de Nossa Senhora de Fátima	04.03
Zona 4 -Boavista	Avenida da França	04.04
Zona 4 -Boavista	Avenida da Boavista	04.05
Zona 4 -Boavista	Avenida da Boavista	04.06
Zona 4 -Boavista	Avenida da Boavista	04.10
Zona 4 -Boavista	Avenida da Boavista	04.11
Zona 5-Galiza	Rua do Campo Alegre	05.01
Zona 5-Galiza	Rua do Campo Alegre	05.02
Zona 5-Galiza	Rua da Piedade	05.03
Zona 5-Galiza	Rua de Júlio Dinis	05.04
Zona 5-Galiza	Rua de Júlio Dinis	05.05
Zona 5-Galiza	Rua do Campo Alegre	05.06
Zona 5-Galiza	Rua do Bom Sucesso	05.07
Zona 5-Galiza	Rua da Piedade	05.08

Zona 5-Galiza	Via de Cintura Interna	05.10
Zona 5-Galiza	Via de Cintura Interna	05.11
Zona 5-Galiza	Rua do Campo Alegre	05.12
Zona 6-Universidade	Rua de D. Manuel II	06.01
Zona 6-Universidade	Rua de S. Filipe de Nery	06.02
Zona 6-Universidade	Rua do Rosário	06.03
Zona 6-Universidade	Rua de Aníbal Cunha	06.04
Zona 6-Universidade	Rua da Restauração	06.05
Zona 7-Magalhães	Avenida de Fernão Magalhaes	07.01
Zona 7-Magalhães	Rua de Pinto Bessa	07.02
Zona 7-Magalhães	Avenida de Fernão Magalhaes	07.03
Zona 7-Magalhães	Avenida de Fernão Magalhaes	07.04
Zona 7-Magalhães	Rua Nova de S.Crispim	07.05
Zona 7-Magalhães	Túnel das Antas II	07.06
Zona 7-Magalhães	Alameda das Antas	07.07
Zona 7-Magalhães	Acesso Sul ao Túnel das Antas I	07.08
Zona 7-Magalhães	Acesso Norte ao Túnel das Antas I	07.09
Zona 8-Mota Pinto	Rua de Mota Pinto	08.01
Zona 8-Mota Pinto	Rua de Mota Pinto	08.02
Zona 8-Mota Pinto	Rua do Arquiteto Cassiano Barbosa	08.03
Zona 8-Mota Pinto	Rua do Arquiteto Cassiano Barbosa	08.04
Zona 8-Mota Pinto	Rua do Arquiteto Cassiano Barbosa	08.05
Zona 8-Mota Pinto	Avenida da Associação Empresarial de Portugal	08.06
Zona 8-Mota Pinto	Avenida de Sidónio País	08.07
Zona 8-Mota Pinto	Rua do Tenente Valadim	08.08
Zona 8-Mota Pinto	Rua de Pedro Hispano	08.09
Zona 8-Mota Pinto	Avenida de Sidónio País	08.10
Zona 8-Mota Pinto	Rua 5 de Outubro	08.11
Zona 9-Constituição	Praça do Marquês de Pombal	09.01
Zona 9-Constituição	Rua da Constituição	09.02
Zona 9-Constituição	Rua de Faria Guimarães	09.03
Zona 9-Constituição	Rua da Constituição	09.04
Zona 9-Constituição	Rua da Constituição	09.05

Zona 9-Constituição	Rua de S. Brás	09.06
Zona 9-Constituição	Rua de Antero de Quental	09.07
Zona 9-Constituição	Rua de Antero de Quental	09.08
Zona 9-Constituição	Rua de Antero de Quental	09.09
Zona 9-Constituição	Rua de Damião Góis	09.10
Zona 9-Constituição	Rua de Antero de Quental	09.11
Zona 9-Constituição	Rua de Antero de Quental	09.12
Zona 9-Constituição	Rua de Antero de Quental	09.13
Zona 9-Constituição	Rua de João Pedro Ribeiro	09.14
Zona 9-Constituição	Rua de Latino Coelho	09.15
Zona 9-Constituição	Rua da Constituição	09.16
Zona 9-Constituição	Rua da Constituição	09.17
Zona 10-Parque da Cidade	Avenida da Boavista	10.01
Zona 10-Parque da Cidade	Avenida da Boavista	10.03
Zona 10-Parque da Cidade	Avenida da Boavista	10.04
Zona 10-Parque da Cidade	Avenida da Boavista	10.05
Zona 10-Parque da Cidade	Avenida da Boavista	10.07

Anexo N. Manual do utilizador da aplicação TRANSIT

Para a utilização da aplicação TRANSIT, é necessário ter o *software* Excel previamente instalado no seu computador.

Para utilizar a aplicação siga as instruções que são apresentadas.

1. Para aceder à aplicação clique no ícone igual ao da figura seguinte.



Figura 49 – Ícone da plataforma TRANSIT.

2. Após clicar no ícone irá aparecer uma janela igual à da figura seguinte.

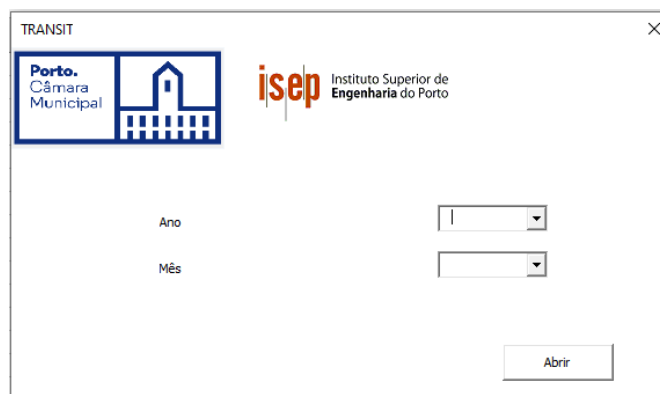


Figura 50 – Interface Gráfica da TRANSIT.

3. Como se observa na Figura 50 a interface é muito intuitiva. Para conseguir consultar os ficheiros tem que seleccionar o ano e o mês. Como se visualiza na figura seguinte no campo A pode seleccionar o Ano e no campo B o Mês.

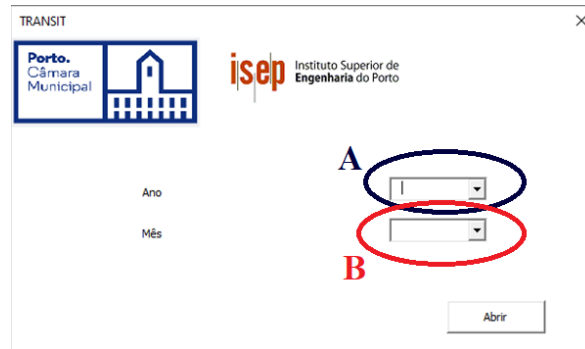


Figura 51 – Escolha do Ano e Mês a consultar.

4. Para escolher o Ano deve ir ao campo A e clicar na seta, após clicar na seta irá aparecer os anos que tem acesso.

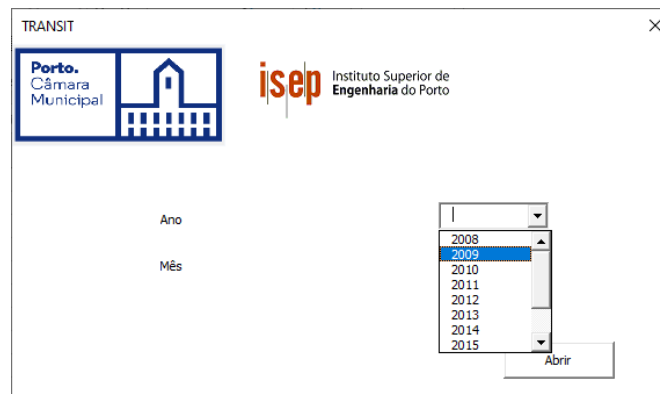


Figura 52 – Seleção do Ano.

5. Para escolher o Mês deve ir ao campo B e clicar na seta, após clicar na seta irá aparecer os meses que tem acesso.



Figura 53 – Seleção do Mês.

6. Caso não selecione o campo A e B irá aparecer uma janela de aviso igual à da figura seguinte.

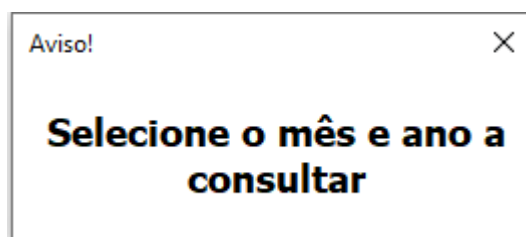


Figura 54 – Janela de aviso caso não selecione nenhum ano nem mês.

7. Caso selecione o campo A mas não selecione o campo B, irá aparecer uma janela de aviso igual à da Figura 55.

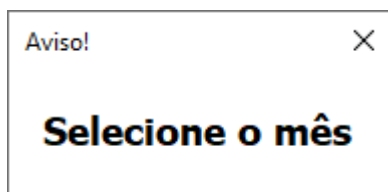


Figura 55 – Janela de aviso caso não escolha o campo B.

8. Caso selecione o campo B mas não selecione o campo A, irá aparecer uma janela de aviso igual ao da figura seguinte.

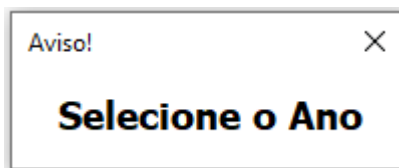


Figura 56 – Janela de aviso caso não escolha o campo A.

9. Caso não existam dados sobre os campos selecionados irá aparecer uma janela igual à da figura seguinte.



Figura 57 – Janela de aviso para a inexistência de dados acerca do mês.

10. Após a escolha do Ano e Mês deve clicar no botão “Abrir”. Desta forma, irá aparecer uma janela como a da figura seguinte.

Rótulos de Coluna		2011																							1 Total		
Rótulos de Linha		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	0h		
Zona 1-Sé		2371	3771	3702	2340	1770	1588	1088	1375	1411	1418	1722	2450	3018	3138	2479	2768	3248	3280	3433	2650	2227	2189	2269	1960	57665	151
Avenida de Rodrigues de Freitas		186	301	292	200	153	127	104	130	113	122	175	184	287	311	239	243	288	270	383	194	203	174	180	150	4909	9
01.14		61	138	138	76	58	45	40	48	47	44	78	80	121	132	87	114	135	123	118	75	90	77	86	65	2076	3
125		163	154	124	95	82	64	82	66	78	97	104	166	179	152	129	153	147	165	119	113	97	94	85	2833	6	
Ponte do Infante		669	1129	1109	670	494	452	340	386	347	384	458	627	785	907	768	826	937	1063	1051	794	616	578	547	592	16529	49
01.06		309	580	524	413	304	510	220	229	169	137	211	236	318	368	312	270	366	528	501	391	313	276	246	295	7018	27
01.07		360	549	585	257	190	142	120	163	178	247	247	391	467	539	456	556	571	535	550	403	302	301	299	8711	21	
Rua das Fontainhas		340	506	512	270	205	152	136	186	164	211	229	408	511	552	390	442	462	441	474	360	306	306	325	278	8166	21
01.08		340	506	512	270	205	152	136	186	164	211	229	408	511	552	390	442	462	441	474	360	306	306	325	278	8166	21
Rua de Santo Ildefonso		423	651	602	414	290	287	246	207	200	202	279	392	496	475	387	583	646	623	648	555	430	465	456	437	10414	34
01.11		175	241	223	168	135	138	127	78	82	91	109	162	203	182	145	188	220	258	303	269	179	210	218	187	4291	17
01.12		248	410	379	246	155	149	119	129	118	111	170	230	293	293	242	395	446	365	345	286	251	255	238	250	6123	16
Rua do Campinho		223	386	425	209	111	105	71	74	62	62	91	113	156	172	145	153	221	197	224	177	163	147	123	132	3942	9
01.13		223	386	425	209	111	105	71	74	62	62	91	113	156	172	145	153	221	197	224	177	163	147	123	132	3942	9

Figura 58 – Tabela dinâmica.

11. Caso pretenda só analisar um dia, uma hora ou uma zona, pode esconder a informação que não interessa clicando no símbolo “-”. Caso pretenda mostrar os dados outra vez clicar no “+”.

12. No caso de querer realizar uma análise gráfica deve clicar em “Gráficos”. Desta forma irá aparecer a seguinte informação.

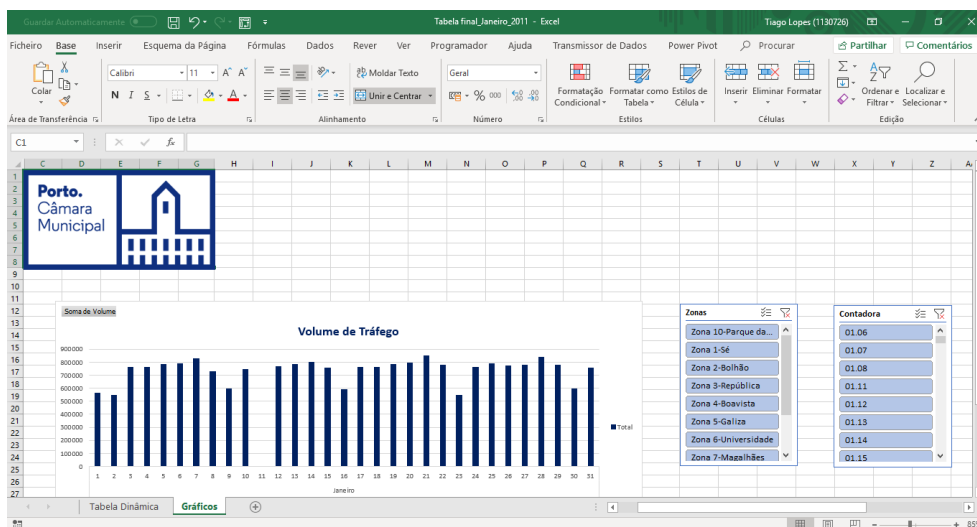


Figura 59 – Análise gráfica.

13. Caso pretenda só analisar uma zona, um detetor específico ou um arruamento, deve escolher os parâmetros da figura seguinte.

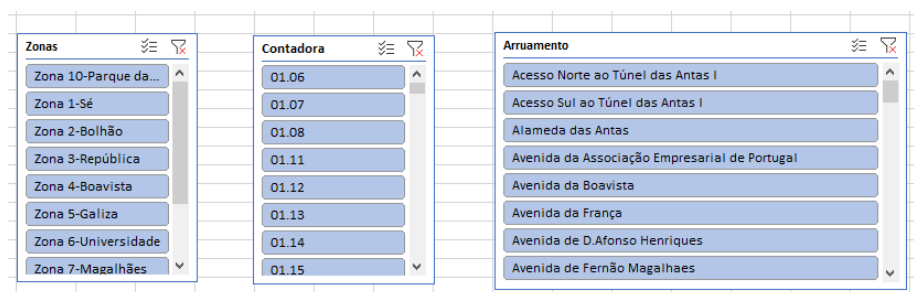


Figura 60 – Parâmetros de escolha para análise gráfica.

14. Se por alguma razão fechar a janela da Figura 48, para não repetir o passo 1, clique no botão “Abrir” igual ao da Figura 61.



Figura 61 – Botão para reabrir a interface gráfica.

Anexo O. Comparação do NEXT com a TRANSIT

ZONA 1

Tabela 20 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 1 (julho 2018).

Zona 1			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
8h	01-06	72	36
14h	01-06	200	100
0h	01-14	180	90
4h	01-14	44	22
14h	01-15	266	133
16h	01-15	218	109

ZONA 2

Tabela 21 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 2 (julho 2018).

Zona 2			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
1h	02-02	2	1
3h	02-02	0	0

7h	02-10	138	69
8h	02-10	166	83
16h	02-14	450	225
23h	02-14	0	0

ZONA 3

Tabela 22 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 3 (julho 2018).

Zona 3			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
16h	03-07	820	410
20h	03-07	952	476
10h	03-12	1952	586
14h	03-12	1874	479
9h	03-22	250	125
11h	03-22	330	165

ZONA 4

Tabela 23 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 4 (julho 2018).

Zona 4			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
15h	04-01	310	155
16h	04-01	354	177
19h	04-05	564	282
21h	04-05	318	159
8h	04-10	4	1
13h	04-10	240	60

ZONA 5

Tabela 24 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 5 (julho 2018).

Zona 5			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
14h	05-05	422	211
16h	05-05	286	143
17h	05-07	950	475

23h	05-07	410	205
9h	05-12	108	54
14h	05-12	312	156

ZONA 6

Tabela 25 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 6 (julho 2018).

Zona 6			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
13h	06-02	1052	526
15h	06-02	992	496
14h	06-03	358	179
22h	06-03	256	128
23h	06-05	98	53
0h	06-05	314	157

ZONA 7

Tabela 26 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 7 (julho 2018).

Zona 7			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
10h	07-01	840	420
15h	07-01	1332	666
10h	07-04	1546	773
12h	07-04	2076	1038
14h	07-08	392	196
20h	07-08	492	246

ZONA 8

Tabela 27 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 8 (julho 2018).

Zona 8			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
20h	08-03	804	402
23h	08-03	258	132
10h	08-05	918	459

14h	08-05	1254	627
16h	08-10	236	118
22h	08-10	130	65

ZONA 9

Tabela 28 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 9 (julho 2018).

Zona 9			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
8h	09-02	904	452
10h	09-02	1824	912
11h	09-05	514	257
14h	09-05	0	0
15h	09-12	338	169
16h	09-12	306	153

ZONA 10

Tabela 29 – Comparação do NEXT com a TRANSIT na zona 10 (julho 2018).

Zona 10			
Dia 1			
Hora	Contadora	Volume de tráfego (5 minutos)	
		NEXT	TRANSIT
1h	10-01	312	156
22h	10-01	1108	554
17h	10-05	1072	536
23h	10-05	251	131
15h	10-07	1318	456
19h	10-07	3192	781