

Internet das Coisas Aplicada à Gestão Inteligente de Parques de Estacionamento na Cidade da Covilhã

Versão final após defesa

João Pedro Raposo Paiva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando José da Silva Velez
Co-orientador: Prof. Doutor António Domingos Reis

dezembro de 2023

Folha em branco

Declaração de Integridade

Eu, João Pedro Raposo Paiva, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M11559 do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referência de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 15 /12 /2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paiva', is centered on a white background.

Folha em branco

Dedicatória

À minha família, amigos e àquele que é minha família e amigo, Deus.

Folha em branco

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a todos os que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para o sucesso no meu percurso ao longo destes anos na Universidade da Beira Interior.

Uma menção especial aos meus professores orientadores da dissertação, o Professor Fernando Velez e o Professor António Reis. Exalto também o Engenheiro Rui Barata, que me auxiliou bastante no desenvolvimento do sistema e na sua programação, nas instalações do Departamento de Física. Obrigado aos três pelo apoio e pela ajuda na elaboração deste documento, sem vocês nada disto seria possível.

Pelas excelentes condições de acolhimento, apoio e financiamento, agradeço ao Instituto de Telecomunicações. Este trabalho também foi financiado pela FCT/MCTES através de fundos nacionais e quando aplicável cofinanciado por fundos comunitários no âmbito do projeto UIDB/EEA/50008/2020.

Agradeço também à instituição da Universidade da Beira Interior, a todos os professores com quem tive aulas e aos meus colegas.

No âmbito da pesquisa de informações relevantes para o trabalho, como imagens e dados importantes sobre as componentes mais históricas da cidade da Covilhã, quero endereçar um agradecimento também ao Sr. Paulo Jesus por me ter autorizado a consultar e inclusivamente utilizar alguma da documentação disponível no seu *blog*.

Por último, mas não menos importante, um enorme obrigado à minha família e aos meus amigos mais próximos pelo apoio que me prestaram ao longo destes anos.

Folha em branco

Resumo

Nos dias de hoje, e com o uso cada vez mais acentuado de veículos nas cidades, torna-se progressivamente mais difícil, principalmente em cidades antigas e pouco preparadas para este fenómeno, encontrar estacionamento ou lugares destinados à imobilização correta de automóveis. Como a utilização de viaturas, seja para o transporte de pessoas ou de mercadorias, é indispensável para o bom funcionamento de uma cidade, torna-se imperativo encontrar soluções inovadoras que visem aliviar e diminuir algumas das adversidades geradas pelo crescente fluxo de veículos dentro dos municípios.

O tema central desta dissertação é a temática das *Smart Cities* e de como através do uso da tecnologia, como por exemplo o *Internet of Things* (IoT) (uma rede de objetos interligados uns aos outros através da Internet), se podem formular soluções inovadoras para resolver questões atuais dentro das cidades. Uma *Smart City*, ou ‘Cidade Inteligente’ em português, agrega uma série de tecnologias que, quando combinadas entre si, facilitam a gestão de várias das componentes de uma cidade, como a gestão da mobilidade, gestão energética, gestão de recursos, entre outras. O caso de estudo apresentado é o da cidade da Covilhã. Esta cidade é caracterizada por uma parte mais antiga e histórica que conta com edifícios debilitados e avenidas estreitas, onde a circulação é difícil e o estacionamento, muitas das vezes, impossível. Consequentemente, esta área apresenta diversos problemas no que toca à disponibilização de estacionamento para veículos automóveis. Existem vários espaços, como silos auto, que podem constituir uma possível solução para alguns dos problemas verificados na cidade no que toca a esta temática. Contudo, estes carecem da informação disponibilizada aos automobilistas acerca do seu funcionamento, localização e número de lugares disponíveis no seu interior em cada momento.

Desta forma, e através da combinação de conceitos como o IoT e a *Smart City*, são exploradas neste trabalho, algumas propostas teóricas e práticas para a modernização destes espaços. Estas propostas contemplam uma aposta na informação, em tempo real, do número de lugares vagos nos três parques de estacionamento presentes na zona histórica da cidade, assim como formas de modernizar estas infraestruturas no sentido de as preparar para albergar veículos elétricos e seus carregamentos. O dispositivo eletrónico associado consiste num sistema de contagem de veículos dentro dos parques formado por sensores de ultrassons, uma plataforma eletrónica e um Arduino. A solução permite disponibilizar, em tempo real, o número de lugares vagos em cada parque. Os resultados podem também ser comunicados à distância, de forma a estarem disponíveis em placas, colocadas em zonas centrais da cidade. Desta forma, os condutores têm acesso a dados relevantes na hora de estacionar os seus automóveis, e podem assim fazer uma decisão mais informada. Futuramente, pode ser também contemplada a possibilidade destas informações estarem disponibilizadas numa aplicação para *smartphone* ou num *site* de Internet.

Palavras-chave

Smart City; *Internet of Things* (IoT); Falta de estacionamento; Estacionamento inteligente; Sistema de contabilização de veículos; Covilhã; Veículos elétricos.

Folha em branco

Abstract

Nowadays, with the ever-increasing use of vehicles in cities, it is becoming progressively more difficult, especially in old cities that are ill-prepared for this phenomenon, to find parking or places where cars can be correctly immobilized. As the use of vehicles, whether for transporting people or goods, is indispensable for the proper functioning of a city, it is imperative to find innovative solutions that aim to alleviate and reduce some of the adversities generated by the growing flow of vehicles within municipalities.

The central theme of this dissertation is Smart Cities and how, through the use of technology, such as the Internet of Things (IoT) (a network of objects interconnected to each other via the Internet), innovative solutions can be formulated to solve current issues within cities. A Smart City brings together a series of technologies which, when combined, facilitate the management of various components of a city, such as mobility management, energy management and resource management, among others. The case study presented is the city of Covilhã. This city is characterized by an older, historic part that has dilapidated buildings and narrow avenues where circulation is difficult and parking is often impossible. As a result, this area has a number of problems when it comes to providing parking for cars. There are a number of spaces, such as parking lots, which could be a possible solution to some of the city's problems in this area. However, they lack information for drivers about how they work, where they are located and the number of spaces available inside them at any given moment.

In this way, and through the combination of concepts such as IoT and Smart City, this work explores some theoretical and practical proposals for the modernization of these spaces. These proposals include investing in real-time information on the number of vacant spaces in the three parking lots in the historic part of the city, as well as ways of modernizing these infrastructures to prepare them to accommodate electric vehicles and their charging. The electronic device consists of setting up a vehicle counting system inside the car parks based on ultra-sonic sensors, an electronic platform and an Arduino. The solution enables to provide, in real time, the number of vacant spaces in each park. The results can also be remotely communicated, so that they are available at traffic signs placed in the central areas of the city. In this way, drivers have access to relevant data while parking their cars, so that they can make informed decisions. In the future, it may also be possible for this information to be made available within a smartphone app or website.

Keywords

Smart city; Internet of Things (IoT); Lack of parking; Smart parking; Vehicle counting system; Covilhã; Electric vehicles.

Folha em branco

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Motivação e Pertinência do Tema	1
1.3. Objetivos	2
1.4. Metodologias	3
1.5. Estrutura da Dissertação	3
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Introdução e Contextualização	5
2.2. Estacionamento e Sustentabilidade Energética em Zonas Históricas de Cidades Europeias	5
2.2.1. As causas dos problemas	5
2.2.2. Possíveis soluções	8
2.3. <i>Smart Cities</i>	10
2.3.1. Definição e evolução	10
2.3.2. Componentes	11
2.3.3. Tecnologias emergentes	17
2.3.4. Perspetivas futuras	20
2.4. <i>Internet of Things (IoT)</i>	21
2.4.1. Definição e evolução	21
2.4.2. Diferentes aplicações e contribuição do IoT para as <i>Smart Cities</i>	23
2.4.3. Perspetivas futuras	25
2.5. Sumário e Conclusões	27
3. Caraterização da Cidade da Covilhã e das Oportunidades de Estacionamento	29
3.1. Breve História da Cidade	29
3.2. Localização e Contexto Geográfico	34
3.3. Distribuição da População e Infraestruturas	36
3.4. Identificação de Alguns Problemas de Trânsito e de Estacionamento na Zona Antiga da Cidade	38
3.5. Novo Plano de Mobilidade na Cidade da Covilhã	49
3.6. Caraterização dos Parques de Estacionamento Municipais e do seu Funcionamento na Zona Histórica da Covilhã	52

3.7. Sumário e Conclusões	62
4. Propostas de Ideias e possíveis Soluções	63
4.1. Implementação de Sensores em Parques de Estacionamento Municipais	63
4.1.1. Proposta para a modernização dos casos de estudo	63
4.1.2. Materiais utilizados e arquitetura do sistema	68
4.1.3. Programação do sistema	79
4.1.4. Implementação das tecnologias IoT	80
4.2. Motivação para a Priorização de Veículos Não-Poluentes	83
4.3. Lições Extraídas	89
5. Conclusão e Trabalhos Futuros	91
5.1. Conclusão	91
5.2. Propostas para Trabalhos Futuros	93
Referências Bibliográficas	95
Apêndices	
Apêndice 1. Código de Programação do Sistema de Contagem de Veículos	101
Apêndice 2. Artigo Publicado sobre o tema da Gestão Inteligente de Estacionamentos na IX Conferência da Faculdade de Ciências (UBI)	105
Apêndice 3. <i>Poster</i> afixado sobre o tema da Gestão Inteligente de Estacionamentos na IX Conferência da Faculdade de Ciências (UBI)	107
Apêndice 4. <i>Poster</i> afixado sobre o tema da Gestão Inteligente de Parques de Estacionamento (caso de estudo da Covilhã) na Semana da Ciência e Tecnologia 2023 (UBI)	109

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Igreja de Santa Maria, Covilhã, um exemplo de um edifício histórico.....	7
Figura 2.2 - Sensores de deteção de veículos colocados em lugares de estacionamento..	9
Figura 2.3 - As seis componentes de uma <i>Smart city</i>	12
Figura 2.4 – Estrutura da tecnologia IoT.....	22
Figura 3.1 - Estátua em homenagem a Pêro da Covilhã, no Pelourinho.....	30
Figura 3.2 - Fábrica Real na Ribeira da Carpinteira, em 1930.....	30
Figura 3.3 – Escola Industrial Campos Melo nos anos 60.....	31
Figura 3.4 – Antigo Hospital da Covilhã.....	32
Figura 3.5 – Tribunal da Covilhã.....	32
Figura 3.6 – Universidade da Beira Interior.....	33
Figura 3.7 – Alameda da Europa, parte nova da Covilhã.....	34
Figura 3.8 - Localização do distrito de Castelo Branco e do concelho da Covilhã, respetivamente.....	35
Figura 3.9 - As 21 freguesias que constituem o concelho da Covilhã.....	35
Figura 3.10 – Jardim do Lago.....	36
Figura 3.11 - Centro Hospitalar Universitário Cova da Beira (CHUCB).....	37
Figura 3.12 – Estádio de futebol Santos Pinto, casa do Sporting Clube da Covilhã.....	38
Figura 3.13 – Rotunda do Pelourinho, considerada o centro da cidade da Covilhã.....	39
Figura 3.14 - Vista panorâmica e representação das ruas que dão acesso ao Pelourinho.....	40
Figura 3.15 – Rua Rui Faleiro.....	41
Figura 3.16 – Espaço de estacionamento improvisado na Rua Rui Faleiro.....	41
Figura 3.17 - Alguns veículos imobilizados incorretamente ao longo da Rua Rui Faleiro.....	41
Figura 3.18 – Rua Comendador Campos Melo (Rua Direita).....	42
Figura 3.19 - Espaço ideal para cargas e descargas, não sinalizado.....	42
Figura 3.20 - Um dos espaços de estacionamento presentes na Rua Direita.....	43
Figura 3.21 - Espaço destinado a cargas e descargas até 30 minutos.....	43
Figura 3.22- Espaço com capacidade para o estacionamento de três veículos até 30 minutos.....	43
Figura 3.23- Estacionamentos reservados a veículos táxis na Rua António Augusto de Aguiar.....	44

Figura 3.24- Largo com capacidade para o estacionamento de seis veículos normais e dois elétricos.....	45
Figura 3.25- Posto de carregamento com capacidade para o abastecimento de dois veículos elétricos.....	45
Figura 3.26- Lugares, em frente ao largo da antiga polícia, com permanência até 30 minutos (entre as 9:00 e as 19:00).....	46
Figura 3.27- Lugares à frente do edifício do Mercado, com permanência até 30 minutos (entre as 9:00 e 19:00).....	46
Figura 3.28- Rua Visconde da Coriscada, o principal acesso ao centro histórico da Covilhã.....	47
Figura 3.29- Três estacionamentos até meia-hora, presentes no Largo 5 de outubro....	47
Figura 3.30- Lugares com sinalização de permanência até 30 minutos.....	47
Figura 3.31- Fileira de estacionamento com capacidade para 8 veículos, dos quais dois são reservados a veículos com dístico de deficiência.....	48
Figura 3.32- Espaço reservado ao estacionamento de viaturas dos CTT.....	48
Figura 3.33- Lugares reservados a pessoal da CMC.....	48
Figura 3.34- Lugares tarifados disponíveis ao público.....	48
Figura 3.35- Dois lugares reservados para portadores de deficiência e dois lugares reservados para veículos da Câmara da Covilhã ou PSP.....	49
Figura 3.36- Preço das tarifas de estacionamentos à superfície na cidade.....	51
Figura 3.37- Distância dos três silos da zona histórica ao Pelourinho.....	52
Figura 3.38- Taxa de utilização dos silos da Covilhã após o novo plano de mobilidade.....	53
Figura 3.39- Silo auto da Estação, localizado na parte nova da Covilhã.....	53
Figura 3.40- Edifício do Mercado Municipal nos anos 40.....	54
Figura 3.41- Um dos cinco lugares reservados a trabalhadores do <i>call center</i> , que funciona no último piso do edifício do Mercado.....	55
Figura 3.42- Lugar reservado para pessoas portadoras de deficiência.....	55
Figura 3.43- Entrada do silo do Mercado.....	56
Figura 3.44- Saída do silo do Mercado.....	56
Figura 3.45- Interior do silo do Mercado, onde é visível algum desgaste na sua infraestrutura.....	56
Figura 3.46- Shopping Sporting e entrada para o silo do Sporting Shopping.....	57
Figura 3.47- Piso -3 do silo do Sporting Shopping.....	58
Figura 3.48- Piso -4 do silo do Sporting Shopping.....	58
Figura 3.49- Piso -5 do silo do Sporting Shopping.....	58
Figura 3.50- Elevadores presentes no silo.....	58
Figura 3.51- Os dois lugares reservados a deficientes.....	58

Figura 3.52- Principal entrada e a saída do silo auto da Praça do Município.....	59
Figura 3.53- A outra entrada para o silo da Praça do Município.....	59
Figura 3.54- Uma das entradas para pedestres e elevador, que dão acesso ao silo.....	59
Figura 3.55- Piso -2 do silo.....	60
Figura 3.56- Seis lugares reservados a viaturas do município.....	60
Figura 3.57- Piso -1 do silo.....	60
Figura 3.58- Piso 0 do silo.....	61
Figura 3.59- Quatro dos 8 lugares reservados para automóveis com dístico de deficiência.....	61
Figura 3.60- Entrada para o piso 1 que é destinado ao estacionamento de veículos de trabalhadores da Câmara da Covilhã.....	61
Figura 4.1- Sinalização atual dos silos auto presentes na zona histórica da Covilhã.....	64
Figura 4.2- Exemplo de uma possível representação da placa que sinaliza um silo, de forma a contemplar a informação do número de lugares disponíveis no seu interior...66	66
Figura 4.3- Possível <i>design</i> para uma placa que representa o número de lugares disponíveis nos três silos da zona histórica da Covilhã, a ser colocada em espaços estratégicos e centrais.....	67
Figura 4.4- As plataformas Arduino (à esquerda) e Raspberry Pi (à direita).....	68
Figura 4.5- Arduino Mega 2560.....	70
Figura 4.6- Sensor HC-SR04.....	71
Figura 4.7- <i>Display</i> LCD (ERMC1604SYG-1).....	73
Figura 4.8- Placa de montagem MB-102.....	73
Figura 4.9- Resistência Variável utilizada na montagem	74
Figura 4.10- Cabo de Alimentação conectado ao Arduino, através da porta USB tipo B.....	74
Figura 4.11- Fios de ligação utilizados na montagem.....	75
Figura 4.12- Imagem representativa da montagem do sistema para três vagas de estacionamento.....	76
Figura 4.13- Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema aquando do estacionamento de um veículo.....	77
Figura 4.14- Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema aquando do estacionamento de dois veículos.....	77
Figura 4.15- Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema aquando do estacionamento de três veículos.....	78
Figura 4.16- Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema quando nenhum dos três lugares se encontra ocupado.....	78

Figura 4.17- Parâmetros editáveis: número de sensores e distância à qual estes detetam um veículo.....	79
Figura 4.18- Linhas de código que representam o número total de lugares e de sensores a utilizar.....	80
Figura 4.19- Módulo ESP8266 (ESP-01).....	81
Figura 4.20- Circuito de exemplo para a implementação das tecnologias IoT.....	83
Figura 4.21- Gráfico que compara a compra de veículos elétricos (em milhares) na Noruega e em Portugal.....	85
Figura 4.22- Gráfico do <i>ranking</i> de países com mais veículos elétricos a nível mundial, <i>per capita</i>	86
Figura 4.23- Gráfico que representa o número de veículos elétricos (em milhões) comprados anualmente na China.....	88

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Comparação de duas das definições de <i>Smart City</i> (definição de Renata Paola Dameri e definição de Farnaz Mosannenzadeh).....	11
Tabela 4.1 – Tabela que resume e compara, segundo diversas categorias-chave, as plataformas Arduino e Raspberry Pi.....	69
Tabela 4.2 – Especificações técnicas da plataforma Arduino Mega 2560.....	70
Tabela 4.3 - Especificações técnicas do módulo ESP8266 (ESP-01).....	81

Folha em branco

Lista de Acrónimos

3D	<i>Three Dimensional</i>
5G	<i>5th Generation</i>
ADC	<i>Analog-to-Digital Conversion</i>
AIoT	<i>Artificial Internet of Things</i>
AP	<i>Access Point</i>
APP	<i>Application</i>
CHUCB	Centro Hospitalar Universitário Cova da Beira
CMC	Câmara Municipal da Covilhã
CTT	Correios de Portugal (Correios Telégrafos e Telefones)
DC	<i>Direct Current</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Rean-Only Memory</i>
GND	<i>Ground</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
I/O	<i>In/Out</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IA	Inteligência Artificial
ICSP	<i>In-Circuit Serial Programming</i>
IDE	<i>Integrated Drive Electronics</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPI	<i>International Parking Institute</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
NUT	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos
PSK	<i>Phase-Shift Keying</i>
PSP	Polícia de Segurança Pública
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RA	Realidade Aumentada
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RV	Realidade Virtual
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TCT	Tortosendo-Covilhã-Teixoso
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TX/RX	<i>Transmit and Receive</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Reciever/Transmitter</i>
UBI	Universidade da Beira Interior
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
USB	<i>Universial Serial Bus</i>
VCC	<i>Common Collector Voltage</i>
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i>
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i>
WPA	<i>WiFi Protected Access</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

Folha em branco

Capítulo 1

1. Introdução

Neste capítulo introdutório é apresentada uma perspetiva geral do estudo que envolve a dissertação. A Introdução é dividida em cinco secções: enquadramento, motivação e pertinência do tema, objetivos, metodologias e, por último, estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

Esta dissertação em Engenharia e Gestão Industrial tem como objetivo fazer um estudo e apresentar propostas para alguns dos problemas que se verificam na gestão de uma cidade de pequena/média dimensão, através da utilização de conceitos de ‘*Smart Cities*’ e ‘*Internet of Things*’ (IoT), nomeadamente a nível da disponibilização de lugares de estacionamento, principalmente nos silos existentes na parte mais antiga da cidade da Covilhã, e da priorização de oferta de lugares a veículos energeticamente sustentáveis.

As propostas expostas nesta dissertação irão ter como base a comunicação entre sensores, com armazenamento em bases de dados, através de uma rede sem fios, englobada numa arquitetura de IoT, que permite a gestão inteligente dos serviços de utilidade pública do município, na cidade da Covilhã.

Pretende-se também, com este estudo, aproximar as infraestruturas do município da Covilhã às de uma *Smart City*, uma cidade inteligente capaz de dar respostas céleres e precisas aos seus cidadãos, turistas e demais utilizadores com o objetivo de lhes proporcionar uma experiência mais agradável e conveniente.

1.2. Motivação e Pertinência do Tema

A grande motivação da escolha deste tema para a dissertação baseia-se no facto de que o problema da falta de estacionamentos na zona antiga da cidade da Covilhã me afeta diretamente a mim e a mais pessoas que circulam nesta área. Através de informações trocadas junto de moradores, visitantes e também de alguns funcionários da Câmara Municipal da Covilhã, pude confirmar que estes problemas afetam a população em geral, e que é um dos temas que necessita urgentemente de respostas eficientes.

Aliado a este facto, é também uma motivação pessoal apresentar propostas que visem modernizar alguns dos espaços, como silos de estacionamentos de automóveis, fazendo assim com que estes apresentem ao utilizador mais informações e opções.

O tema das *Smart Cities* e das suas diversas ferramentas, como por exemplo o IoT, é bastante atual e torna-se interessante debater e formular ideias sobre o mesmo já que, no caso da Covilhã, estamos perante uma cidade antiga e cujas suas infraestruturas, nomeadamente na zona mais histórica, não se encontram preparadas para lidar com grandes fluxos de trânsito e movimento nas vias. Assim, verifica-se a necessidade de inovar e procurar outro tipo de respostas a nível tecnológico que facilitem o dia-a-dia dos seus utilizadores, otimizando a forma como os utentes têm acesso a um parque de estacionamento e a disponibilização de estacionamento preferencial (e infraestrutura de carga de baterias) para veículos energeticamente sustentáveis.

Relativamente ao último tema mencionado, este revela-se de especial importância já que, a um nível global, existe um incentivo à utilização e compra de automóveis elétricos, pois estes irão fazer parte de uma solução mais ecológica e amiga do ambiente.

De notar também, e de encontro à pertinência do tema, que, no ano de 2023 a Covilhã está a ser alvo de uma série de mudanças no que diz respeito à sua rede de transportes públicos e demais mobilidade, assim como à gestão de estacionamentos ao ar livre e em silos auto. Assim, esta dissertação procura também oferecer algumas propostas que possam complementar as alterações que estão em curso este ano, fruto do novo plano de mobilidade da cidade, desenvolvido pela empresa ‘Mobi Covilhã’.

1.3. Objetivos

O grande objetivo desta dissertação é a proposta de uma possível solução que possa contribuir de forma positiva para diminuir o problema existente da falta de estacionamentos no centro da Covilhã, assim como disponibilizar de uma forma mais clara informações sobre espaços de estacionamento como silos e parques, de maneira a que os cidadãos tenham uma melhor experiência aquando da sua utilização. É também um dos objetivos gerais fornecer uma série de propostas que possam ser úteis para complementar o novo plano de mobilidade, fruto da concessão destes mesmos espaços à empresa ‘Mobi Covilhã’.

Pretende-se inclusive promover o diálogo e o debate sobre este tipo de temáticas para que, no futuro, possam ser alcançados novos progressos no que toca a uma gestão de estacionamentos mais eficiente e inteligente numa cidade.

Alguns dos objetivos específicos que irão ser abordados neste estudo incluem a descrição detalhada da situação que se vive atualmente, no que diz respeito ao

funcionamento dos parques de estacionamento, a arquitetura do sistema de gestão da cidade inteligente, o funcionamento dos sensores utilizados no esquema proposto e circuitos de montagem, da forma como a tecnologia IoT irá contribuir e fazer a ligação entre todos os componentes e de como irão ser tratados e atualizados os dados em tempo real, assim como aspetos relevantes sobre propostas de modernização dos parques, nomeadamente no que toca à priorização de veículos não-poluentes e à melhor informação dos utilizadores destes mesmos espaços.

1.4. Metodologias

Metodologicamente, o desenvolvimento desta dissertação irá ter por base, numa primeira fase, uma recolha e revisão bibliográfica dos principais temas abordados na mesma: o Estacionamento e Sustentabilidade energética em zonas históricas de cidades europeias (apresentação do caso de estudo de Harrogate, Reino Unido), as *Smart Cities* e, por último, a tecnologia do *Internet of Things*. Posteriormente será analisado o caso específico da cidade da Covilhã, através de um estudo, análise de publicações e artigos e recolha de dados sobre a sua componente histórica, geográfica, demográfica e a distribuição de infraestruturas, assim como casos de estudo em concreto que reflitam os problemas que se vivem na zona antiga a nível de falta de estacionamento. Serão também caracterizadas as oportunidades de estacionamento nesta zona, em específico os parques municipais que se encontram ao serviço da população e demais utilizadores. Todos estes dados serão fruto de uma recolha e análise de documentos, artigos e notícias, contactos com encarregados da Câmara Municipal da Covilhã (CMC) e análises efetuadas no terreno. Por último, e após um levantamento dos requisitos iniciais, será desenvolvido um protótipo para um sistema de contabilização de veículos dentro de um parque de estacionamento, cujo objetivo será o de resolver alguns problemas verificados na cidade. O mesmo inclui uma componente eletrónica (montagem do circuito) e de programação (da plataforma de prototipagem eletrónica).

1.5. Estrutura da Dissertação

O trabalho é organizado em cinco capítulos principais: o primeiro capítulo consiste numa breve introdução ao tema assim como as metodologias utilizadas, os objetivos, a motivação e pertinência do assunto a ser tratado; posteriormente, no segundo capítulo, será feita uma revisão da literatura dos temas principais do relatório: o estacionamento e sustentabilidade energética na zona histórica de cidades europeias, o conceito de *Smart City* e por último a tecnologia IoT; o terceiro capítulo visa efetuar uma caracterização da cidade da Covilhã assim como as oportunidades de estacionamento na sua zona mais antiga e a situação atual no que toca à gestão dos silos auto; no quarto

capítulo são apresentadas algumas propostas (teóricas e práticas), ideias e formas de as executar com o objetivo de responder a alguns dos problemas verificados na cidade e tentar modernizar as infraestruturas existentes; por último, no quinto capítulo, apresentam-se as conclusões a que foi possível chegar após todo o estudo efetuado e possíveis trabalhos futuros.

Capítulo 2

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Introdução e Contextualização

A finalidade deste estudo, e das propostas apresentadas no mesmo, é a de facilitar os estacionamento assim como disponibilizar, em tempo real, uma melhor informação do número de lugares vagos nos diferentes silos auto existentes na zona histórica da Covilhã. No fundo, o propósito será o de implementar novos processos inteligentes à base do uso da tecnologia *'Internet of Things'* (IoT) para *Smart Cities* numa cidade de média dimensão, de modo a garantir um melhor funcionamento do trânsito, poupança de energia, recursos, assim como uma aposta em energias renováveis.

Inicialmente irá ser efetuada uma revisão da literatura relacionada com os problemas em questão, o estacionamento e a sustentabilidade energética em zonas históricas de cidades europeias. De seguida, e de forma a melhor entender o relatório, assim como as metodologias utilizadas, a elaboração do esquema de montagem e posterior implementação, é necessário ter uma noção clara dos principais temas diretamente ligados a uma possível solução aos problemas introduzidos. Estes temas são as *'Smart Cities'* e o *'Internet of Things'* (IoT). Assim, ao longo deste segundo capítulo, será elaborado um estudo sobre o estado da arte dos conceitos tendo em conta artigos, publicações e outros documentos sobre os mesmos.

2.2. Estacionamento e Sustentabilidade Energética em Zonas Históricas de Cidades Europeias

2.2.1. As causas dos problemas

Nos dias de hoje, e com a crescente população que se verifica na maior parte das cidades europeias e mundiais, assim como o aumento da utilização de veículos automóveis nas mesmas, é comum que nas zona históricas de diferentes municípios surjam uma série de dificuldades em responder a questões como a falta de estacionamento e, mais recentemente, na procura por alternativas mais sustentáveis em termos ambientais, como a transição cada vez mais acelerada para viaturas movidas a motores elétricos. Tal como K. Zavitsas, I. Kaparias e M.G.H. Bell referem, a falta de estacionamento é também considerada uma forma de congestionamento nas vias [1]. O

espaço necessário para a disponibilização de estacionamento a veículos pode tornar-se num problema, já que o mesmo requer o uso de grandes parcelas de área, muitas vezes de forma ineficiente [1].

Hoje em dia, cerca de metade da população mundial já reside em cidades, é expectável que este número aumente para 70% em 2050 [2]. À medida que se dá este aumento, é de uma forma natural que se verifique uma maior procura por veículos no futuro e, as previsões apontam para que em 2050, o número de veículos em circulação ultrapasse os 2.5 biliões, segundo o *International Parking Institute* (IPI) [2]. O resultado de mais carros a circularem nas cidades é o surgimento de problemas ou um agravar daqueles que já existem. Uma pesquisa recente demonstrou que, nas horas de maior movimento, aproximadamente 40% do tráfego é causado por automobilistas que procuram um lugar livre para estacionar [5]. Alguns dos motivos para as dificuldades que se verificam nas cidades, e em especial nas zonas mais antigas das mesmas, consistem no facto de que em muitos dos casos estas não estão preparadas, em termos de infraestruturas físicas e elétricas, para lidar com o crescente fluxo no trânsito, verificando-se a escassez de espaços destinados ao estacionamento de veículos, a desatualização em termos tecnológicos para o fornecimento de uma informação célere e clara às populações, assim como ruas estreitas e debilitadas [3, 4]. Em muitos dos casos, os elevados custos monetários para aproveitar edifícios devolutos e antigos, com o propósito da construção de parques de estacionamento ou de reformular infraestruturas e vias de circulação automóvel, tornam impossível a execução de tais obras nas cidades. De forma a solucionar algumas das questões relacionadas, é acima de tudo necessário ter em consideração e perceber a origem da demanda para estes mesmos espaços [1].

É importante ter em conta também que mais recentemente, nos últimos anos, têm-se verificado investimentos por parte dos governos para a adoção de veículos energeticamente sustentáveis [7]. Em junho de 2017, e devido às preocupações ambientais e de saúde a nível global, foram 195 países, incluindo Portugal, os que assinaram o acordo de Paris. Este acordo tem como objetivo fazer com que cada país que o assinou não ultrapasse uma certa cota de emissões de gases de efeito de estufa [7]. Desta forma, os governos a nível mundial, estão a incentivar a compra e a aposta em veículos elétricos, de forma a mitigar fenómenos como o aquecimento global. Contudo, nas zonas históricas de cidades, é necessário e fundamental haver também uma adaptação que forneça aos utilizadores deste tipo de veículos condições para o seu uso, como estações de carregamento e, no que toca aos parques de estacionamento, a possibilidade de existir uma priorização dos mesmos, já que estes serão cada vez mais

abundantes e fazem, não só parte do futuro, como também do presente. Fundamentalmente, é possível reduzir a três as principais causas das dificuldades que as zonas históricas de várias cidades, especialmente europeias, enfrentam aquando dos problemas relacionados com o estacionamento e carregamento para veículos elétricos:

- **Restrições de espaço físico:** As zonas antigas das cidades foram, geralmente, desenvolvidas antes da popularização dos veículos motorizados. Como resultado, muitas vezes são caracterizadas por ruas estreitas e lotes de tamanho reduzido, o que dificulta a disponibilidade de espaços para estacionamento de veículos, especialmente para instalação de estações de carregamento elétrico [4]. No que toca a edifícios residenciais mais antigos, muitos não foram planeados ou construídos de forma a incluírem espaços como garagens, destinadas ao estacionamento dos automóveis dos residentes [4].
- **Infraestrutura elétrica inadequada:** Em muitas zonas antigas, a infraestrutura elétrica é desatualizada e não foi projetada para lidar com a crescente procura de energia necessária para o carregamento de veículos elétricos [3]. A falta de capacidade de rede elétrica suficiente pode dificultar a instalação de pontos de carregamento em áreas específicas das cidades [3].
- **Proteção do património histórico:** Nalgumas áreas, a preservação de edifícios históricos e do património cultural (como exemplificado na Figura 2.1) é uma preocupação importante. A instalação de infraestrutura elétrica, como postos de carregamento, ou a construção destinada a lugares de estacionamentos para automóveis, pode ser vista como uma interferência visual ou estrutural. Em muitos dos casos existem mesmo restrições que são impostas para preservar a estética e/ou a integridade dos edifícios históricos presentes [4].



Figura 2.1. Igreja de Santa Maria, Covilhã, um exemplo de um edifício histórico (Extraído de [17]).

2.2.2. Possíveis soluções

A dificuldade de estacionamento e carregamento elétrico em zonas antigas de cidades é um desafio complexo, mas abordável. Através de um conjunto de soluções inovadoras, como a adaptação de espaços subutilizados, parcerias público-privadas e o uso de tecnologias avançadas de carregamento, é possível superar estes obstáculos e promover a transição para uma mobilidade mais sustentável. De uma forma mais detalhada, estas e outras possíveis respostas aos problemas referidos no tópico anterior, podem ser caracterizadas da seguinte forma:

- **Utilização de estacionamentos subterrâneos:** A construção de estacionamentos subterrâneos ou a adaptação de espaços já existentes, podem fazer parte de uma solução eficaz para a falta de estacionamentos à superfície em zonas antigas [4]. Estas infraestruturas podem também ser projetadas para incluir estações de carregamento elétrico, garantindo o acesso conveniente a proprietários de veículos energeticamente sustentáveis.
- **Parcerias público-privadas:** As câmaras municipais, autarquias e governos podem estabelecer acordos e parcerias com empresas privadas, como organizações destinadas à concessão de parques de estacionamento ou empresas de energia, para financiarem a instalação de infraestruturas de carregamento elétrico [3, 4]. Estas parcerias podem ajudar a superar os desafios financeiros e técnicos associados à atualização da infraestrutura elétrica e à disponibilização de mais lugares de estacionamento nas cidades.
- **Melhor informação sobre oportunidades de estacionamento:** Muitas das vezes, os problemas que se verificam têm correlação direta com a falta de informação sobre oportunidades e espaços de estacionamento já existentes [4]. Assim, é importante que exista uma informação clara aos utilizadores da cidade sobre espaços disponíveis para o estacionamento dos seus veículos.
- **Tecnologias avançadas de carregamento:** O desenvolvimento de tecnologias de carregamento mais avançadas, como carregadores rápidos de alta potência, pode ajudar a otimizar o uso do espaço e simplificar a instalação de infraestrutura de carregamento em zonas antigas, onde este mesmo espaço é limitado [3]. Adicionalmente, e de forma a otimizar a utilização deste tipo de veículos, o carregamento destas viaturas poderia ser alvo de um desconto monetário ou até ser totalmente gratuito, mediante certas condições [3].

- **Incentivo à utilização de transportes públicos:** De forma a reduzir o número de veículos que circulam numa dada cidade, faz todo o sentido a aposta em incentivos à utilização de transportes públicos por parte da população [3]. A adoção deste tipo de serviços pode revelar-se, ainda que de uma forma indireta, numa das medidas mais importantes com vista à redução dos problemas que se verificam na questão dos estacionamento.

Todas estas propostas enumeradas podem ser postas em prática de maneira a responder aos principais desafios que se verificam no que toca à falta de estacionamento e de acesso a postos de carregamento em zonas históricas de cidades europeias. Na realidade, uma ideia inovadora que já é utilizada numa cidade europeia, como é o caso de Harrogate, North Yorkshire na Inglaterra, está a revolucionar esta área e a proporcionar soluções efetivas no que diz respeito ao estacionamento [6]. Através da parceria entre duas empresas, a 'Nwave' e a 'AppyParking', foi elaborado um sistema que, à base de sensores colocados em lugares de estacionamento, consegue transmitir para uma aplicação de telemóvel a localização de espaços livres para a imobilização de veículos [6].

Este projeto foi oficialmente lançado em 2019 e conta com cerca de 2000 sensores espalhados pela cidade de Harrogate (visíveis na Figura 2.2) [6]. É através da aplicação que os pagamentos são efetuados e a taxa de utilização é contabilizada de forma automática, assim que o veículo abandona o lugar de estacionamento [6]. O sistema revelou-se um sucesso, já que os utilizadores do mesmo sabem à partida, e antes mesmo de saírem de suas casas, a disponibilização de lugares numa certa zona da cidade [6]. Assim, os condutores não precisam de perder tempo à procura de um lugar para estacionar, gastar recursos desnecessariamente e, indiretamente, contribuir para a poluição atmosférica.



Figura 2.2. Sensores de deteção de veículos colocados em lugares de estacionamento (Extraído de [6]).

2.3. *Smart Cities*

2.3.1. Definição e evolução

Há pouco mais de um século eram cerca de 20 as cidades cuja sua população ultrapassava um milhão de habitantes. Hoje, este número ultrapassa as 500, por todo o mundo, e é previsível que continue a crescer [8]. Por esta razão, e à medida que a população nas cidades aumenta, torna-se necessário e fundamental encontrar soluções inovadoras, aplicando a tecnologia, de forma a aliviar os vários setores urbanos.

A caracterização e definição de uma *Smart City* varia de acordo com diversos autores, isto é, consoante a área de especialização dos mesmos e os seus diferentes pontos de vista. Por esta razão, na literatura, é possível encontrarem-se várias definições para o mesmo conceito. Ainda assim, existem aspetos fulcrais cuja opinião dos autores é em grande parte unânime e consensual [10]. Em termos gerais, e combinando algumas das diferentes opiniões de autores na literatura, uma '*Smart City*' (cidade inteligente, em português) é uma área urbana que utiliza Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes, otimizar a gestão dos recursos e promover o desenvolvimento sustentável [10]. Numa *Smart City*, vários sistemas e infraestruturas são conectados e integrados, permitindo a recolha, análise e utilização de dados em tempo real para tomar decisões mais eficientes e convenientes para os seus utilizadores [10]. Estas tecnologias são aplicadas em diferentes setores, como transporte, energia, gestão, infraestruturas, segurança, saúde e meio ambiente. Por exemplo, uma *Smart City* pode utilizar sensores para efetuar uma melhor gestão do trânsito e ajustar os semáforos de acordo com as condições em tempo real, reduzindo os congestionamentos e melhorando a fluidez das vias [20]. Além disso, sistemas de gestão de energia inteligentes podem otimizar o consumo, reduzir desperdícios e promover o uso de fontes renováveis [22].

Uma característica importante de uma *Smart City* é o envolvimento ativo dos seus cidadãos. Através de aplicações (*APPS*) e plataformas digitais, os habitantes podem participar na tomada de decisões, fornecer *feedback* e terem acesso a serviços de forma mais eficiente. Isto promove a transparência, a participação cidadã e a colaboração entre os diferentes atores envolvidos na gestão da cidade [16]. O grande propósito de uma *Smart City* é melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes, tornando a cidade mais eficiente, sustentável, segura e inclusiva. Ao utilizar a tecnologia de forma estratégica, a *Smart City* procura resolver problemas urbanos complexos, proporcionar serviços de alta qualidade e criar um ambiente propício para o desenvolvimento económico e social.

Tal como referido anteriormente, diversos autores têm as suas próprias definições do conceito de *Smart City*, assim, irão ser exploradas e caracterizadas duas dessas definições presentes na literatura e cujos autores das mesmas fazem parte de diferentes áreas (Tabela 2.1). As definições são da autoria de Renata Paola Dameri, professora de Administração de Empresas e Sistemas de Informação na Universidade de Génova, Itália, e de Farnaz Mosannenzadeh, candidata a doutoramento no Instituto de Ciências Comportamentais da Universidade Radboud, Países Baixos.

Tabela 2.1. Comparação de duas das definições de *Smart City* (definição de Renata Paola Dameri e definição de Farnaz Mosannenzadeh) (Extraído de [9, 10]).

Autores	Definição de Smart City
Renata Paola Dameri	'Uma cidade inteligente é uma área geográfica bem definida, na qual tecnologias avançadas como Tecnologias de Informação e Comunicação, logística, produção de energia e outras cooperam para beneficiar os cidadãos em termos de prosperidade, inclusão e participação, qualidade ambiental e desenvolvimento inteligente' [9].
Farnaz Mosannenzadeh	'Uma cidade inteligente é uma cidade sustentável e eficiente, com uma boa qualidade de vida, e que visa enfrentar com sucesso os vários desafios urbanos através da aplicação de Tecnologias de Informação e Comunicação nas suas infraestrutura e serviços, da cooperação entre os seus principais atores (cidadãos, universidades, governo e indústria), da integração de seus principais domínios (meio ambiente, mobilidade, governação, comunidade, indústria e serviços) e do investimento em capital social' [10].

A definição de Renata Paola Dameri acentua a importância da ligação direta da cidade às tecnologias e aos avanços nas mesmas, de forma a contribuírem de maneira positiva para a cidade e os seus habitantes. Já F. Mosannenzadeh realça, além das TIC, também o papel fundamental das dimensões humanas e institucionais no bom funcionamento de uma *Smart City*.

Assim, estas definições destacam a importância da tecnologia, da sustentabilidade e do atendimento às necessidades dos cidadãos e organizações como elementos fundamentais nas *Smart Cities*, embora possam variar em alguns detalhes específicos.

2.3.2. Componentes

As 'Componentes' ou 'Áreas de Atuação' das *Smart Cities* são definidas de acordo com as áreas da cidade em que pode ser necessária a intervenção tecnológica [14]. Assim como no tópico abordado anteriormente, também no que toca às componentes de uma *Smart City*, existem diversas interpretações e formulações de modo a dividir uma cidade inteligente em subcategorias. Apesar de variadas, acabam por transmitir mensagens semelhantes [14]. Contudo, e de uma forma geral, o que se verifica na literatura é a divisão de uma cidade inteligente em seis diferentes componentes, tal como representado no seguinte diagrama [11]:

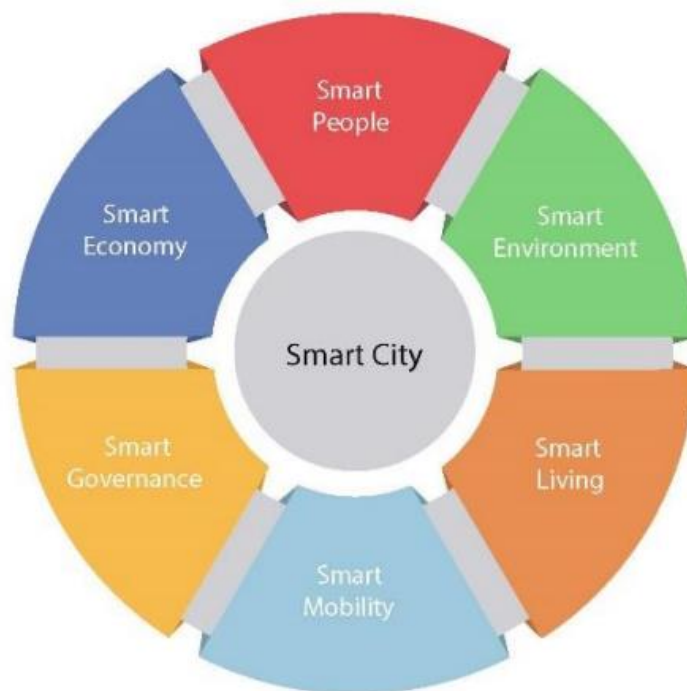


Figura 2.3. As seis componentes de uma *Smart City* (Extraído de [12]).

Estas, assim como os principais tópicos que as integram, podem ser definidas como:

- **‘Smart Living’ ou ‘Vida Inteligente’**- *Smart Living* (Vida Inteligente) refere-se a um dos principais pilares das *Smart Cities*, onde a tecnologia é aplicada para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, proporcionando soluções inovadoras e conectadas em áreas como saúde, segurança e entretenimento. Este conceito procura oferecer um ambiente urbano mais seguro, saudável e agradável para seus habitantes [11, 13]. Abaixo estão alguns dos tópicos mais importantes relacionados com cada uma das áreas:
 - Saúde- Dentro do tópico da saúde é possível efetuar uma monitorização remota de pacientes através de dispositivos médicos conectados entre si. Além disso, a própria experiência do paciente nos hospitais é cada vez mais interativa, já que existe a possibilidade de agendar consultas ou ter acesso a dados médicos diretamente através do telemóvel, dispensado o uso de papel [11, 13].
 - Segurança- O uso crescente nas cidades de câmaras de vigilância, permite às entidades policiais efetuarem um melhor controlo da segurança e prever crimes ou atividades suspeitas em espaços públicos e privados [13].

- Entretenimento- É possível fornecer aos cidadãos, através de informações disponibilizadas em *APPs* ou *sites* de Internet, informações relevantes de eventos culturais como peças de teatro, filmes ou oportunidades de lazer e turismo [13].
- **‘Smart People’ ou ‘Pessoas Inteligentes’**- *Smart People* (Pessoas Inteligentes) é também um dos tópicos centrais nas *Smart Cities*, referindo-se ao desenvolvimento e capacitação dos cidadãos por meio da tecnologia e de uma educação adaptada ao século 21. O objetivo é criar uma sociedade inclusiva, promover a educação inovadora e estimular a criatividade dos indivíduos [11]. Desta forma, a sociedade é capacitada para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que a era da tecnologia oferece. Alguns dos pontos-chave relacionados com cada área são:
- Educação do Século 21- A educação é uma das principais componentes de uma cidade. O acesso a universidades e instituições de topo é sempre um objetivo por parte dos jovens que, desta forma, ajudam a dinamizar ainda mais a área em causa. Assim, o investimento em tecnologias de topo, que visem modernizar este setor, revela-se num garante de emprego qualificado e retorno financeiro. Algumas destas tecnologias podem incluir: plataformas de ensino *online* e recursos digitais, implementação de recursos de aprendizagem mais modernos, como quadros interativos, Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) [15, 16].
 - Sociedade Inclusiva- Uma *Smart City* deve proporcionar aos seus habitantes, independentemente da sua origem, religião, sexo ou orientação sexual, uma igualdade de oportunidades para que todos sejam capazes de atingir o seu potencial, usufruir dos benefícios de uma cidade inteligente e contribuir para o bom funcionamento da mesma [16, 19].
 - Criatividade- É fundamental que se incentive a criatividade e o empreendedorismo do indivíduo para que o mesmo seja capaz de inovar e gerar ideias disruptivas. Posteriormente, deve existir um apoio a iniciativas culturais, artísticas e criativas, que valorizam a expressão pessoal e o potencial de cada um, já que estes podem no futuro beneficiar o empreendedorismo na cidade [15, 16]. Dentro deste tópico é importante fazer menção aos estudos de referência levados a cabo por Richard Florida. O mesmo fala na criatividade, assim como o próprio

desenvolvimento socioeconómico, como assente no princípio dos ‘três T’s’, que significam ‘Talento’, ‘Tolerância’ e ‘Tecnologia’ [18]. Assim, o autor considera que estas são características fundamentais para a promoção do critério da criatividade [18].

➤ **‘Smart Governance’ ou ‘Governança Inteligente’**- *Smart Governance* (Governança Inteligente) refere-se à adoção de tecnologia e abordagens inovadoras para melhorar a eficácia, transparência e participação das pessoas na gestão pública. O grande objetivo é promover uma administração inteligente dos recursos para que haja transparência e fácil acesso às informações públicas, assim como a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação. Por último, é também importante a aposta no *‘E-Government’* de forma a aprimorar e otimizar os serviços públicos [11]. Alguns dos pontos mais importantes em cada um destes tópicos são:

- Transparência e Informações Disponíveis ao Público- A disponibilização de informações públicas de forma acessível aos cidadãos promove, por parte das autarquias gestoras da cidade, a transparência e clareza na tomada de decisões [16]. O próprio processo de tomada de decisões também deve ser efetuado de forma a contemplar a participação dos cidadãos através, por exemplo, de portais *online* [11, 16].
- Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)- As TIC são ferramentas fundamentais no que toca ao conceito das *Smart Cities*. Na área da gestão social, estas (*Big Data*, IoT e IA, entre outras) podem ajudar na interação com os cidadãos, na troca de informações entre os diversos órgãos governamentais, otimização de processos administrativos e até na tomada de decisões [11, 16].
- E-Government- O uso de Tecnologias de Informação no Governo, ou *‘E-Government’*, evoluiu muito ao longo dos últimos anos, de forma a tornar as interações entre órgãos governamentais e os cidadãos mais fáceis [16]. Desta forma o cidadão pode expressar as suas opiniões, ter acesso a dados pessoais ou outro tipo de serviços administrativos através de portais *online* [11, 16].

➤ **‘Smart Economy’ ou ‘Economia Inteligente’**- A *Smart Economy* refere-se à utilização de tecnologia e inovação para aumentar a produtividade, promover o empreendedorismo e criar oportunidades de emprego. Ao adotar uma série de medidas que tenham como base os tópicos referidos, é possível fazer com que as

idades se tornem centros de prosperidade e atraiam investimentos, impulsionando assim o desenvolvimento económico de forma inteligente e sustentável [11]. Algumas destas medidas incluem:

- Empreendedorismo e Inovação- O estímulo e o fornecimento do suporte, financiamento e infraestrutura adequada, são fundamentais para a promoção do empreendedorismo e inovação numa cidade. É também importante o estabelecimento de parcerias entre empresas, universidades e instituições de pesquisa de forma a impulsionar a transferência de tecnologia e, novamente, promover a inovação [15, 19]. Relativamente também a este tópico é importante fazer menção a um estudo de David B. Audretsch, Maksim Belitski, sobre ecossistemas empreendedores nas cidades. Este estudo é bastante interessante já que o mesmo comprova a existência de uma relação direta entre as TIC e o grau de empreendedorismo numa dada cidade [26]. Este último é tanto maior quanto mais desenvolvidas forem as Tecnologias de Informação e Comunicação, assim como a sua quantidade, eficiência e disponibilidade [26].
 - Produtividade- A utilização de tecnologias avançadas, como automação e Inteligência Artificial (IA), podem ajudar a melhorar a eficiência e a produtividade dos setores económicos. Além disso, a implementação de sistemas de gestão inteligente, que otimizam o uso de recursos, reduzem o desperdício e melhoram os processos produtivos [15, 19].
 - Oportunidades de Emprego- Numa sociedade em constante mutação e evolução é de forma natural que certos tipos de empregos deixem de ser tão necessários e, no sentido inverso, outros sejam promovidos [15]. Desta forma torna-se importante o desenvolvimento de programas de capacitação e requalificação para preparar os trabalhadores para as exigências do mercado de trabalho digital e tecnológico [15]. Deve existir também, por parte das universidades, empresas e demais instituições, uma promoção e investimento em setores económicos emergentes e que gerem novas oportunidades de emprego [19].
- **‘Smart Mobility’ ou ‘Mobilidade Inteligente’**- A *Smart Mobility* aborda medidas inovadoras para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a acessibilidade aos sistemas de transporte. É fundamental que nas cidades existam cada vez mais soluções que permitam a redução da poluição assim como maneiras mais inteligentes de se diminuir o congestionamento e,

consequentemente, permitir que se circule de uma forma mais eficiente nas diferentes vias [11]. Alguns dos tópicos relativos aos principais temas desta componente podem incluir:

- Priorização de Veículos Energeticamente Sustentáveis- De forma a facilitar e impulsionar o uso deste tipo de veículos, é imperativo que se continue a investir em infraestruturas, como postos de carregamento para automóveis elétricos, assim como a implementação de reformas e medidas que garantam benefícios aos seus utilizadores [20].
 - Transportes Públicos- A utilização deste tipo de transportes deve ser igualmente promovida, já que contribui para a redução dos congestionamentos nas cidades e também para a redução da emissão de gases tóxicos para a atmosfera. O incentivo à adoção dos transportes públicos pode passar pela facilitação do seu uso, como um sistema de bilhética inteligente em que o pagamento possa ser efetuado previamente e de forma eletrónica [20].
 - Controlo de Trânsito- Alguns exemplos podem incluir a implementação de sistemas gestão de trânsito à base de sensores e Tecnologias de Informação e Comunicação para melhorar a fluidez e segurança nas vias, reduzir congestionamentos e fornecer informações atualizadas aos condutores [20]. Também, dentro do tópico do controlo do trânsito nas cidades, uma gestão inteligente e eficiente dos estacionamento (estacionamento inteligente), à base da comunicação entre sensores e bases de dados, permite uma melhor circulação e movimentação dos condutores e demais utentes numa metrópole.
- **‘Smart Environment’ ou ‘Ambiente Inteligente’**- O Tema do *Smart Environment* visa fornecer soluções que promovam a sustentabilidade ambiental, o uso eficiente de recursos e a redução da poluição [11]. Dentro dos tópicos das energias renováveis, edifícios sustentáveis (ecologicamente), e o controlo da poluição e resíduos, podemos salientar algumas informações importantes:
- Energias Renováveis- Dentro do tema do *Smart Environment*, o tópico das Energias Renováveis tem um papel central. Estas incluem a energia solar, eólica, hídrica, entre outras. Através do uso de sensores e tecnologias de ponta que contribuem para a previsão das condições climáticas, como a temperatura ou o vento, pode ser efetuada uma melhor gestão deste tipo de energias, assim como o seu armazenamento

para o uso futuro e integração com a rede energética [21]. É fundamental que exista cada vez mais uma promoção deste tipo de soluções já que estas são indispensáveis e servem como base para um futuro mais sustentável [21].

- Edifícios Sustentáveis- Os chamados ‘Edifícios Verdes’ ou ‘Arquitetura Verde’ contemplam a minimização do consumo de energia, adoção de energia proveniente de fontes renováveis e a construção deste tipo de edifícios com materiais que são facilmente reciclados e reutilizados [22]. Para além disso, podem ser utilizados sistemas que ajudem a monitorizar e otimizar o consumo de água, energia e outros recursos. Todas estas medidas contribuem para a redução da poluição e um ambiente mais saudável nas cidades [22].
- Controlo da Poluição e Resíduos- Através do uso de tecnologias como o IoT, é possível efetuar uma monitorização e controlo dos níveis da qualidade do ar, água, entre outros [21]. Por exemplo, os órgãos governamentais da cidade, ao terem acesso a níveis de poluição e contaminação da água, podem tomar decisões acerca do seu uso e tratamento [21]. No que toca à Gestão de Resíduos, esta pode ser efetuada de uma forma inteligente através do uso de sensores. Estes, colocados no interior de contentores do lixo, por exemplo, permitem à empresa responsável pela gestão dos mesmos, saberem quando se encontram a um nível que justifique a sua recolha. Assim, a rota definida por estas empresas pode ser otimizada, em termos da gestão de recursos, com base na recolha inteligente deste tipo de contentores [21].

2.3.3. Tecnologias emergentes

Nos dias de hoje, mais do que nunca, estamos a assistir a constantes progressos tecnológicos dentro da nossa sociedade. No que toca ao tema das *Smart Cities* estes mesmos avanços também se fazem notar de uma forma bastante acelerada. Algumas das tecnologias emergentes que já estão a facilitar e a tornar a vida mais prática nas grandes metrópoles incluem carros com condução autónoma, Internet mais rápida e acessível, como é o caso do 5G, assim como sistemas de redes elétricas inteligentes.

Dentro do tópico do **‘Smart Living’** é possível verificarem-se, por exemplo, avanços no que toca à automação de assistentes virtuais inteligentes. Estes assistentes virtuais, como a *‘Amazon Alexa’*, o *‘Google Assistant’* e a *‘Siri’* da *Apple*, estão a tornar-se cada vez mais populares em residências, organizações e empresas [27]. Os mesmos são

ativados por comandos de voz e podem controlar vários dispositivos conectados, como iluminação, ar-condicionado e radiadores, eletrodomésticos, sistemas de segurança, entre outros. Além disso, podem também fornecer informações úteis, como previsão do tempo, notícias ou até mesmo fazer compras *online*. Estas tecnologias tornam a vida quotidiana mais conveniente, interativa e prática, proporcionando maior conforto e conveniência para as pessoas [27].

Posteriormente, no segundo tópico que caracteriza uma *Smart City*, o '**Smart People**', é também possível assistir a vários avanços tecnológicos. Um exemplo disso é a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV). Estes dois conceitos estão a ser cada vez mais adotados, nomeadamente na educação básica e superior, para melhorar a experiência de aprendizagem e promover a criatividade no aluno [25]. Nos ambientes escolares, a RA pode ser utilizada para sobrepor informações virtuais ao ambiente físico, permitindo assim que os estudantes tenham experiências mais imersivas e interativas [25]. Por exemplo, através da utilização da RA, os alunos podem explorar modelos 3D, fazer simulações e visualizar informações adicionais sobre objetos ou locais históricos. A RV, por sua vez, permite criar ambientes virtuais completos para fins de treino, educação e entretenimento, proporcionando experiências simuladas em ambientes bastante realistas [25]. Estas tecnologias oferecem novas formas de ensino, estimulando a criatividade e o engajamento dos diversos indivíduos envolvidos.

No tópico que diz respeito ao '**Smart Governance**' ou 'Governança Inteligente', uma das tecnologias a emergir nos últimos anos é a Inteligência Artificial (IA) para análise de dados e tomada de decisões [25]. A Inteligência Artificial é uma tecnologia que permite a análise de grandes quantidades de dados, identificação de padrões e consequente tomada de decisões baseadas em evidências [25]. No âmbito da *Smart Governance*, a IA pode ser utilizada para analisar dados governamentais, como dados demográficos, económicos e de infraestruturas, assim como fornecer *feedbacks* valiosos para a tomada de decisões informadas. Algoritmos de IA podem ajudar a otimizar o planeamento urbano, melhorar a eficiência operacional e identificar áreas de intervenção prioritárias [25]. Além disso, assistentes virtuais baseados em IA podem ser utilizados para fornecer informações e suporte ao cidadão, agilizando o atendimento e a resolução de problemas [25].

Quanto à subcategoria do '**Smart Economy**', temos que a mesma também está a ser alvo de avanços tecnológicos que permitem transformar, de uma forma positiva, o setor

comercial e financeiro. Um exemplo disso pode ser dado pelo uso da Internet das Coisas (IoT) aplicada ao comércio. A aplicação da IoT no setor do comércio está a revolucionar a forma como as transações e troca de informações são realizadas e, por sua vez, a melhorar a experiência do cliente [24]. Um exemplo disso pode ser dado pela incorporação de sensores inteligentes em prateleiras de lojas para medir automaticamente os níveis de *stock* de um determinado produto, permitindo que os repositores saibam quando reabastecer o mesmo [24]. A IoT possibilita também a criação de lojas inteligentes, onde os clientes podem fazer compras de forma interativa, utilizando dispositivos móveis para fazer o *scan* do produto, receber informações adicionais e realizar pagamentos de forma automática. Esta tecnologia agiliza o processo de compra e fornece uma experiência personalizada aos clientes [24].

No que concerne a **‘Smart Mobility’**, ou ‘Mobilidade Inteligente’, alguns dos progressos que se verificam nesta área têm a ver com a gestão do trânsito através da utilização de sensores, ou seja, um Sistema de Gestão de Trânsito Inteligente. Um sistema deste tipo conta com tecnologias avançadas, como sensores, câmaras, análise de dados em tempo real e Inteligência Artificial, para monitorizar e controlar o fluxo de trânsito nas vias de uma cidade [20]. Este tipo de sistemas permitem a rápida deteção de congestionamentos, acidentes e outros tipos de ocorrências, possibilitando a adoção de medidas corretivas imediatas, como ajustes de semáforos e redirecionamento de rotas. Além disso, este tipo de sistemas pode fornecer informações em tempo real aos condutores, ajudando-os a tomar decisões mais informadas sobre rotas alternativas e tempos de viagem, contribuindo para uma mobilidade mais célere e eficiente [20].

Por último, relativamente ao tópico do **‘Smart Environment’**, um dos principais campos de avanço, no que à tecnologia diz respeito, é a crescente utilização e aposta nas energias renováveis e no armazenamento da energia que estas produzem. A adoção de energias renováveis, como energia solar e eólica, está a verificar-se cada vez mais nas *Smart Cities* [23]. É comum encontrar painéis solares e turbinas eólicas instaladas em edifícios e áreas abertas para gerar eletricidade limpa e sustentável. Além disso, as tecnologias de armazenamento de energia, como baterias mais sofisticadas, estão a tornar-se cada vez mais eficientes e acessíveis, o que permite que a energia gerada a partir de fontes renováveis seja armazenada e utilizada quando necessário [21, 23]. Desta forma é possível proporcionar um fornecimento de energia mais estável e reduzir a dependência de fontes não-renováveis. O uso de energias naturais e seu armazenamento contribui também para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a transição para uma matriz energética mais sustentável [21, 23].

2.3.4. Perspetivas futuras

Com a crescente evolução tecnológica e tendo em conta também que as cidades atraem cada vez mais população para residir nas mesmas, é de forma natural que nos próximos tempos se verifiquem ainda mais progressos de modo a responder às dificuldades que se irão fazer notar.

Áreas como a saúde, habitação, gestão de resíduos e transportes estão, em muitos dos casos, a ser sobrecarregadas e conseqüentemente a terem dificuldades em dar respostas eficientes às populações e demais utilizadores de uma cidade [28]. Assim, no futuro terá obrigatoriamente que haver um investimento por parte dos governos de forma a serem encontradas soluções alternativas que podem, e devem, passar pelo uso da tecnologia como uma ferramenta de auxílio.

Com base em diversos fatores como o aumento da população nos grandes centros e a sobrecarga dos serviços públicos, são vários os problemas que podem surgir. Alguns destes já se verificam nos dias de hoje, contudo, irão sem dúvida acentuar-se nos próximos anos e décadas. Este tipo de problemas pode incluir:

- **Infraestruturas inadequadas:** O rápido crescimento populacional pode sobrecarregar a infraestrutura já existente, incluindo redes de transporte, abastecimento de água, recolha e tratamento de resíduos, sistemas de energia e serviços de comunicação [21]. A falta de investimentos adequados e de um bom planeamento urbano pode resultar em falhas, interrupções no fornecimento de água e energia, e uma infraestrutura de transportes insuficiente e desatualizada [21].
- **Pressão sobre os serviços de saúde:** Caso não exista uma resposta adequada para lidar com a pressão nos serviços públicos de saúde, podemos assistir a um aumento da propagação de doenças, sobrecarga nos hospitais e dificuldades no acesso a cuidados médicos de qualidade [11, 13]. A necessidade de investir em infraestruturas de saúde, formação adequada de profissionais e tecnologias médicas inovadoras, torna-se ainda mais crucial num contexto de crescimento populacional, onde a procura por serviços de saúde é maior [11, 13].
- **Acesso à habitação:** Uma das principais causas negativas de um aumento acentuado de residentes numa cidade é a dificuldade a um acesso digno à habitação. A falta de moradias acessíveis e a especulação imobiliária podem

levar a problemas, como aumento dos preços das rendas e escassez de casas adequadas e em condições para se residir. Tudo isto pode, eventualmente, levar a problemas de desigualdade social e segregação urbana [16, 19].

- **Segurança pública:** Também a segurança pública se pode tornar um desafio considerável nas grandes metrópoles. Caso não exista um investimento na segurança, como o aumento da vigilância e um maior financiamento no que toca às forças policiais, podemos assistir a um aumento da criminalidade [13]. As aplicações da lei, assim como uma resposta rápida a emergências, podem ser dificultadas pela sobrecarga de serviços de segurança pública [13].
- **Desigualdade socioeconómica:** O crescimento populacional nas cidades pode também acentuar as disparidades socioeconómicas. A falta de acesso igualitário a serviços básicos, como educação, saúde e transporte, pode contribuir para a criação de divisões entre diferentes grupos sociais, e assim impedir que todos os cidadãos tenham acesso a oportunidades de uma forma justa [16, 19].
- **Sustentabilidade ambiental:** Vai ser fulcral aos governos incluírem, cada vez mais, medidas que permitam um maior controlo da poluição e a imposição de limites e restrições ao consumo de recursos naturais [21, 23]. As cidades, de forma a lidarem com as suas crescentes populações, precisam de reinventar processos e inovar no que toca ao campo ambiental [21, 23]. De outra forma, será insustentável a vivência normal e saudável em municípios de grande envergadura.

2.4. *Internet of Things* (IoT)

2.4.1. Definição e evolução

O IoT e a sua evolução remetem à criação da Internet. A Internet começou por conectar computadores. Estes computadores, mais tarde, seriam então conectados entre si através da *World Wide Web* (WWW) [32]. Nas últimas décadas assistimos à possibilidade da integração de aparelhos móveis, como telemóveis, também a esta rede. Finalmente, e mais recentemente, surgiu a ideia de associar dispositivos do dia-a-dia à Internet, dando assim origem ao IoT [32]. O *'Internet of Things'* ou, em português, a *'Internet das Coisas'*, refere-se a uma rede de objetos físicos interligados entre si que são equipados com sensores, *softwares* e outras tecnologias, permitindo que eles recolham e troquem dados através da Internet [29, 32]. Estes objetos podem variar

entre dispositivos eletrônicos domésticos a máquinas industriais, ou até mesmo veículos [30]. Esta tecnologia conta com vários componentes que, combinados entre si, permitem a recolha dos dados, o tráfego dos mesmos, o seu processamento e análise, assim como o acesso a estas informações por parte dos utilizadores [30]. A importância do IoT prende-se com o facto de, através desta tecnologia e com uma intervenção humana mínima ou até inexistente, ser possível interligar objetos, sistemas e aparelhos com um custo reduzido e de forma eficiente [30].

Os diferentes componentes desta tecnologia são cinco: os Dispositivos e Sensores Inteligentes, o Portal, a Nuvem de Armazenamento ou ‘Cloud’, a Análise de dados e a Interface do sistema, como pode ser visualizado no esquema que se encontra na Figura 2.4 [31]:

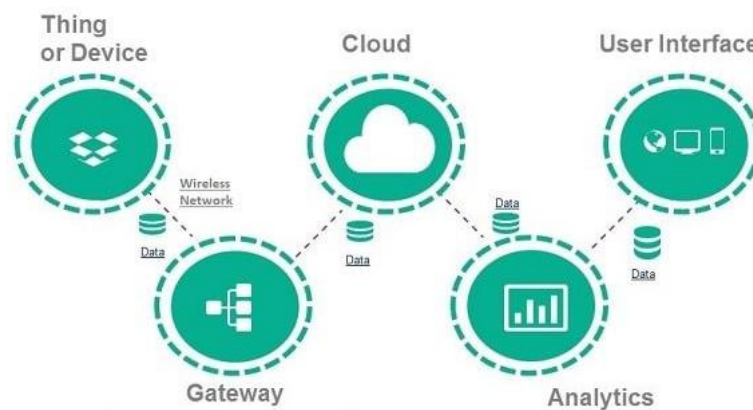


Figura 2.4. Estrutura da tecnologia IoT (Extraído de [31]).

Estes componentes, assim como a sua caracterização, podem ser definidos como:

- **Dispositivos e Sensores Inteligentes:** Os dispositivos e sensores são os componentes da camada de conectividade do dispositivo. Estes sensores inteligentes estão constantemente a recolher dados de um determinado ambiente e a transmitir essas mesmas informações para a próxima camada [31]. Estes tipos de sensores podem ser de humidade, temperatura, pressão etc. Os dispositivos podem ser conectados através de redes sem fios como por exemplo *WiFi*, *ZigBee* ou *Bluetooth* [31]. Cada uma destas tecnologias tem as suas vantagens e desvantagens quando comparadas entre si, assim, devem ser escolhidas de acordo com o seu propósito [31].
- **Portal:** O Portal tem como função gerir o tráfego de dados provenientes dos dispositivos e sensores. Além disso, ele traduz os sinais garantindo a operabilidade dos dispositivos nele conectados [31]. Também no que toca à

segurança, o portal desempenha uma função importante, já que em alguns casos este pode ser programado para criptografar os dados. O portal atua assim como uma ‘ponte’ entre os dispositivos que recolhem os dados e um posterior armazenamento destes na nuvem [31].

- **Nuvem de armazenamento (*Cloud*):** A tecnologia do IoT pode gerar uma enorme quantidade de dados que necessitam de ser geridos de uma forma eficiente e célere [31]. A nuvem pode ser caracterizada como sendo uma rede de servidores que realizam processamento de dados a alta velocidade e que permite aos utilizadores e empresas terem acesso a estas informações de uma forma rápida e remota [31].
- **Análise de dados:** A análise de dados é o processo de converter dados analógicos de milhões de dispositivos inteligentes e sensores, em informações úteis que podem ser interpretadas e usadas para análises detalhadas e toma de decisões [31]. Este tipo de análise de dados permite a identificação de potenciais erros e avarias e permite que sejam rapidamente corrigidos, de modo a não interferir de forma significativa no sistema [31]. Além disso, é recorrente que grandes empresas utilizem estas informações recolhidas com o objetivo de prever tendências e, assim, capitalizar da melhor forma num mercado em constante transformação [31].
- **Interface do sistema:** A *Interface* do sistema do IoT é a parte visível e com a qual é possível ao utilizador interagir, de forma a ter acesso às informações pretendidas [31]. É fundamental que o *design* deste tipo de *interface* permita ao utilizador ter uma experiência agradável e pouco confusa. O *design* tem, cada vez mais, uma maior importância no mercado. Muitas das vezes, é o fator determinante aquando da escolha de um produto em detrimento de outro [31].

2.4.2. Diferentes aplicações e contribuição do IoT para as *Smart Cities*

No que toca ao desenvolvimento das *Smart Cities*, o IoT desempenha um papel fundamental. Estas cidades utilizam a conectividade e a recolha de dados fornecidos pelo IoT para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, aumentar a eficiência dos serviços públicos prestados e promover a sustentabilidade [32]. O IoT tem sido aplicado em diversos setores da sociedade, incluindo saúde, transporte, agricultura, energia, comércio, entre outros. Com as tecnologias disponibilizadas pelo IoT, é

possível, por exemplo, efetuar um melhor controlo do trânsito, gerir o fornecimento de energia, otimizar a recolha e tratamento de resíduos, melhorar a segurança e fornecer serviços mais eficientes, como iluminação inteligente e estacionamento mais acessíveis [32]. Também é possível efetuar uma melhor gestão dos espaços públicos, incluindo locais destinados ao estacionamento, áreas de fruição coletiva e espaços verdes. A gestão de riscos em contexto de eventos extremos ou situações catastróficas é também uma das áreas mais importantes onde o IoT já intervém e onde pode ser utilizado para a prevenção de fatalidades.

A utilização do IoT nas *Smart Cities* também implica um conjunto de desafios de segurança e privacidade que devem ser considerados e cujas respostas devem ser estudadas e prontamente postas em prática, de modo a que o cidadão, assim como as suas informações, sejam protegidos [32].

São inúmeros os exemplos onde o IoT já contribui positivamente para a vida dos cidadãos e para o bom funcionamento das cidades:

Na área da **saúde**, por exemplo, o IoT permite o controlo remoto de pacientes, facilita a recolha de dados médicos em tempo real e auxilia na administração de medicamentos [32]. É também útil em possíveis respostas de emergência, já que através de dispositivos que controlam dados como a frequência cardíaca, pressão arterial ou níveis de oxigénio, é possível alertar as entidades competentes para um potencial caso de socorro a um paciente [32]. Outro exemplo onde o IoT já é utilizado de forma eficiente na área da saúde, é na colocação de dispositivos IoT em cadeiras de rodas em hospitais, de forma a monitorizar a sua localização em tempo real. Quando um destes dispositivos é colocado numa cadeira, pode ser efetuada a sua localização de modo a que quando uma seja necessária, esta possa rapidamente ser localizada e usada [30].

No **transporte**, o IoT é usado para melhorar a eficiência da logística, localizar encomendas e melhorar a segurança nas estradas [32]. Esta tecnologia pode alertar em tempo real as autoridades e os condutores, de possíveis acidentes ou congestionamentos [32].

Na **agricultura**, o IoT é aplicado para controlar, medir e prever condições climatéricas, de forma a otimizar o uso de recursos e melhorar a produtividade [32].

A **segurança** dos cidadãos é algo em que o IoT também já demonstra progressos. Através de câmaras de vigilância e demais sensores, é possível o acionamento rápido de forças de segurança, caso sejam detetadas anomalias e atividades suspeitas em determinadas áreas [13].

A **recolha de resíduos** é também uma das áreas a serem transformadas através da implementação deste tipo de tecnologias. Por exemplo, a colocação de sensores que detetem quando um caixote do lixo está perto da sua máxima capacidade [32]. Assim, é possível a empresas de recolha de resíduos formular uma rota mais eficiente, em termos de tempo e recursos, para a recolha destes caixotes, espalhados pelas cidades [32].

Na **energia** o IoT pode ajudar a efetuar uma melhor gestão do uso de energias não-renováveis e até dar prioridade a energias mais limpas. Também através de sensores, é possível monitorizar o uso de energia e poupar recursos, isto é, os sensores podem ser instalados em edifícios ou até lâmpadas de jardins e ruas, para ajudar a fazer um controlo de energia que rentabilize a sua utilização [32].

2.4.3. Perspetivas futuras

As perspetivas futuras do IoT são amplas e promissoras. É expectável que o IoT continue a sua expansão e evolução à medida que novas tecnologias e padrões emergem. O desenvolvimento da tecnologia 5G, por exemplo, irá possibilitar e permitir uma conexão mais rápida e fiável, impulsionando ainda mais a adoção do IoT [34]. Além disso, a Inteligência Artificial poderá desempenhar um papel importante na análise de dados, processo, e extração do enorme volume de informação gerada pelo IoT, dando origem ao conceito de *'Artificial Intelligence of Things'* (AIOT) [35]. Isto irá permitir uma automação mais avançada, a tomada de decisões baseada em dados gerados em tempo real, e possivelmente, o surgimento de novos modelos de negócio [35].

A Internet das Coisas é, então, um conceito que cada vez mais se torna fundamental e cujo seu papel em diversas áreas da sociedade é já completamente indispensável. É expectável que nos próximos tempos esta tecnologia evolua em diversos aspetos:

A **segurança** do IoT é sem dúvida algo que tem que ser alvo de uma forte aposta por parte dos engenheiros e das empresas responsáveis pela mesma. É preciso não esquecer que esta tecnologia é ainda relativamente recente, assim, torna-se

fundamental apostar na segurança e na proteção dos dados que estão em causa aquando do uso das suas ferramentas [32, 33]. À medida que mais dispositivos são lançados no mercado, o risco de ataques também aumenta [33]. De forma a garantir um futuro promissor para o IoT, é essencial que os clientes tenham garantida a privacidade dos seus dados e informações pessoais [32, 33].

No tópico da segurança, existem uma série de desafios que precisam de resposta nos próximos anos, de forma a garantir que a tecnologia continue a sua trajetória de sucesso e, assim, permitir o seu crescimento através da confiança dos utilizadores. Alguns dos exemplos deste tipo de dificuldades podem incluir o facto de muitos dos dispositivos de IoT serem projetados com um grande foco na sua funcionalidade, ignorando, por vezes, algumas questões de segurança [33]. É também importante existir um entendimento claro entre fabricantes, fornecedores e utilizadores, de forma a estabelecer uma estrutura bem definida de responsabilidades no caso de uma falha na segurança do dispositivo [32, 33]. Assim, e havendo uma responsabilidade assumida por cada uma das partes envolvidas, será cada vez mais seguro o uso dos diferentes mecanismos do IoT [32, 33].

Por último, ainda no tópico da proteção de dados e privacidade, uma questão que necessita rapidamente de ser resolvida prende-se com o facto de ainda serem algo escassos e dúbios os padrões e normas de segurança relacionados com esta tecnologia [33]. Atualmente, não há padrões de segurança universais e consistentes para o IoT, o que torna mais difícil garantir uma abordagem coesa e eficaz para proteger os dispositivos e os dados que estes recolhem [33]. Por esta razão, pode tornar-se comum a existência de vulnerabilidades nos *softwares* e *firmwares* dos diferentes aparelhos [32, 33]. Estas mesmas vulnerabilidades podem ser exploradas por *hackers* para obter acesso não-autorizado ou controlar os dispositivos de forma maliciosa [32, 33].

Assim como referido anteriormente, os progressos efetuados na área da Inteligência Artificial podem também contribuir positivamente para a tecnologia do IoT. A Inteligência Artificial poderá permitir uma análise de dados em tempo real e, dessa forma, identificar padrões, tendências e anomalias num determinado sistema [35]. Aliado a estas análises, a IA pode, em certos casos, substituir a intervenção humana, tornando os sistemas IoT mais autónomos e inteligentes [35]. Isto é particularmente útil em setores como indústria, logística e transporte, onde a automação pode melhorar a eficiência e a precisão das operações [35].

Algo bastante importante onde a IA poderá também contribuir para os sistemas IoT, é fazer com que estes ‘aprendam’ com a análise de dados passados, isto é, permitir com que estes sistemas façam previsões sobre eventos futuros [35]. Desta forma, será possível prever potenciais falhas em equipamentos, antecipar necessidades de manutenção e tomar medidas preventivas para evitar problemas [35].

Finalmente, é também possível, através dos avanços desta tecnologia e da análise de dados recolhidos pelos dispositivos IoT, entender os hábitos e preferências dos utilizadores [35]. Com essas informações, os sistemas podem personalizar experiências e serviços, oferecendo aos usuários soluções mais relevantes e adaptadas às suas necessidades [35].

Outros campos onde o IoT pode melhorar estão relacionados com a interoperabilidade, uma maior conectividade e a integração do 5G [34]. Uma evolução importante seria a padronização e melhor interoperabilidade entre dispositivos IoT de diferentes fabricantes e plataformas. Isto iria permitir que os dispositivos comunicassem e colaborassem entre si mais facilmente, aumentando a eficiência e a utilidade da tecnologia IoT como um todo [34]. Consequentemente, se esta tecnologia atingir, no futuro, níveis mais elevados de conectividade entre diferentes setores e dispositivos, a mesma irá abrir novas oportunidades para a automação e criação de ecossistemas tecnológicos mais amplos [32, 35]. Ainda neste tópico, uma possível integração dos dispositivos do IoT com o 5G, resultaria numa maior velocidade, capacidade de comunicação e eficiência dos dados transmitidos [34].

2.5. Sumário e Conclusões

Concluindo e recapitulando a informação descrita ao longo do Capítulo 2 temos que, relativamente ao tópico do ‘Estacionamento e Sustentabilidade Energética em Zonas Históricas de Cidades Europeias’, apesar das dificuldades e desafios que existem, é possível, através da inovação, encontrar soluções. A utilização da tecnologia e o aproveitamento de espaços já existentes pode ser a chave para responder às adversidades que se fazem notar nestas zonas

As *Smart Cities*, através de uma série de tecnologias que as envolvem, facilitam o dia-a-dia dos cidadãos. Através do uso de soluções a nível tecnológico, é possível aliviar os vários setores urbanos, que constituem uma cidade. A utilização de sistemas inteligentes de gestão de recursos e energia, de controlo de trânsito, entre outros,

permite que a experiência de um habitante seja melhorada, personalizada e adaptada às suas necessidades.

O IoT, apesar de ser relativamente recente e ter ainda de dar respostas a algumas falhas que possam existir aquando da utilização do mesmo, é uma tecnologia que tem tudo para crescer e evoluir nos próximos anos. Como a base da mesma é a Internet, uma rede de fácil acesso e bastante prática, as perspectivas apontam para um futuro promissor.

Capítulo 3

3. Caraterização da Cidade da Covilhã e das Oportunidades de Estacionamento

3.1. Breve História da Cidade

A história da cidade da Covilhã remonta ao período de romanização da Península Ibérica, onde os seus primeiros habitantes, na sua maioria pastores e criadores de gado, se estabeleceram na zona, devido às condições favoráveis para a prática dos seus ofícios [37]. A região da Covilhã ganhava assim notoriedade e relevância devido à dinâmica comercial que se começou a fazer notar através da agricultura e pastorícia [37, 38].

Foi em 1186 que, por mão do rei D. Sancho I, a Covilhã recebeu o estatuto de Vila, através do seu primeiro Foral [37]. Também por volta desta altura, o mesmo D. Sancho I, mandou erguer as muralhas do primeiro castelo da Covilhã, com o objetivo de aumentar as defesas contra o reino vizinho de Leão [37, 38].

No ano de 1300, e devido à importância estratégica da Covilhã na proteção do Reino de Portugal, D. Dinis decide fortalecer e ampliar o cerco defensivo da cidade [38]. Assim, a Covilhã passou a desempenhar um papel fundamental no panorama português, assumindo-se como uma das maiores e mais valiosas localidades fronteiriças [38].

Entre meados do século XIV e finais do século XVI, a Covilhã, que já era considerada uma das mais importantes vilas do reino, fez nascer figuras cruciais para o património luso. Desde Frei Diogo Alves da Cunha na conquista de Ceuta, Pêro da Covilhã (representado na estátua em sua homenagem na Figura 3.1) nos descobrimentos e nas grandes expedições, a Francisco Cabral que pelo Japão espalhou a sua palavra missionária, esta ‘pequena’ vila produzia figuras incontornáveis para aquilo que seria o afirmar da cultura portuguesa pelo mundo fora [37, 38].



Figura 3.1. Estátua em homenagem a Pêro da Covilhã, no Pelourinho (Fonte: Autor).

É no final do século XVI que o Conde da Ericeira, D. Luís de Menezes, inaugura na cidade a primeira Fábrica Real, na Ribeira da Carpinteira, representada na Figura 3.2 [38]. Este acontecimento foi um ponto de viragem para reduzir uma dependência, por parte do Reino português, das malhas provenientes de Inglaterra [38]. Assim, e também devido à importação de mestres ingleses com experiência na área, a zona da Beira Interior ganhava terreno na indústria dos lanifícios [37]. A dinâmica e importância comercial desta zona, e em específico da Covilhã, foi à data, algo bastante fulcral para o crescimento económico do território português. Na realidade, a Covilhã possuía condições fundamentais para o sucesso na indústria dos lanifícios. As duas ribeiras que a atravessam, a da Carpinteira e da Degoldra, forneciam a energia hidráulica necessária para o laborar das fábricas e, a criação de gado que já existia na zona, permitia obter matérias primas em abundância, como a lã [37, 39].



Figura 3.2. Fábrica Real na Ribeira da Carpinteira, em 1930 (Extraído de [52]).

Após o terremoto de 1755, Marquês de Pombal, primeiro ministro de Portugal na altura, decide instaurar novas medidas para o desenvolvimento económico, apostando fortemente na cidade e no seu potencial, tornando-a assim numa verdadeira ‘Capital dos Lanifícios’, ou, como muitas vezes é denominada a Covilhã, a ‘Manchester portuguesa’ [38, 39].

O século XIX é especialmente marcante para a história da Covilhã, pois é por esta altura, mais concretamente no ano de 1870, que a mesma ganha o estatuto de cidade, muito devido ao crescimento sociocultural impulsionado pelo desenvolvimento das indústrias [37, 38]. A zona crescia também bastante em termos demográficos, milhares de operários, assim como as suas famílias, povoavam não só a cidade, como também os arredores. Pequenas aldeias começaram a surgir e/ou a crescer nas imediações da cidade. Serviam de habitação às populações e eram inclusive uma boa oportunidade para o sustento, através da agricultura.

É também neste século, em 1884, que, a mando do governo, é criada uma Escola Industrial na cidade (Figura 3.3), com o objetivo de formar futuros operários que pudessem contribuir e desenvolver ainda mais a Indústria que tanto dinamizava economicamente a região [38].



Figura 3.3. Escola Industrial Campos Melo nos anos 1960 (Extraído de [38]).

Na viragem para o século XX a Covilhã continuava a crescer, dados oficiais dos censos efetuados, indicam-nos que na primeira metade deste século, entre 1900 e 1950, a cidade teve um crescimento populacional de cerca de 54%, passando dos 44.427 habitantes para os 68.522 [36, 40]. O pico populacional verifica-se 10 anos depois, em 1960, onde, segundo os dados dos censos realizados à data, a Covilhã atingiu uma população residente na ordem dos 72.957 [40]. Este aumento populacional deveu-se ao

sucesso das indústrias, principalmente as têxteis, que resultaram numa estabilidade socioeconómica e permitiram às famílias residentes na cidade e no concelho abrirem negócios, adquirirem propriedades e terrenos e, em geral, dinamizar ainda mais a região, criando assim condições favoráveis ao crescimento da mesma. Infraestruturas importantes foram edificadas por volta desta altura, incluindo um Hospital (o Hospital antigo) (Figura 3.4), o Mercado Municipal (que funciona até aos dias de hoje), e o Tribunal (Figura 3.5). Para além destes edifícios com elevada importância, foram ainda construídas escolas, jardins públicos e vários bairros residenciais [38]. Esta foi considerada uma época de ouro na história da cidade, onde a mesma se modernizou e se afirmou ainda mais como uma das mais importantes do interior e do país em geral [38].



Figura 3.4. Antigo Hospital da Covilhã (Fonte: Autor).



Figura 3.5. Tribunal da Covilhã (Fonte: Autor).

No início dos anos 70, a Covilhã, que até então prosperava em termos sociais e económicos, sofreu uma crise, fruto principalmente, do fecho de muitas das suas fábricas e indústrias têxteis [38]. Estas não se encontravam num nível tecnológico suficientemente evoluído para fazerem face à concorrência do exterior e muitas inclusivamente não obedeciam a parâmetros de segurança e conformidade, causando assim os seus encerramentos [38]. Estima-se que centenas de operários perderam os seus empregos, o que resultou numa quebra no poder de compra da população e, por sua vez, fez com que milhares de pessoas abandonassem a cidade, umas para outras localidades em Portugal, outras para o estrangeiro, maioritariamente para França e Suíça. A partir desta quebra económica e demográfica, a Covilhã nunca mais conseguiu aumentar a sua população, verificando-se que a partir de 1970 esta tem gradualmente vindo a diminuir [38].

É também neste período, e com o objetivo de reinventar aquilo que era a Covilhã e oferecer novas oportunidades aos jovens da sua terra, que surge a ideia de criar uma

escola superior na cidade [38]. O objetivo era formar jovens estudantes em várias áreas, para que estes adquirissem conhecimentos que ajudassem a impulsionar a região. Em 1973 surge então o Instituto Politécnico da Covilhã, que mais tarde se viria a chamar Instituto Universitário da Beira Interior [38]. A ideia provou-se acertada e frutífera, já que ao longo das próximas décadas, este Instituto, que em 1996 se transformou na atual Universidade da Beira Interior (UBI), viria a formar milhares de alunos das mais diferentes áreas e, até ao dia de hoje, continua a ser uma das principais atrações de jovens de todo o país e até internacionais a visitar, morar e estudar na Covilhã. Por outro lado, a Universidade (Figura 3.6) é hoje composta por uma série de edifícios, espalhados pela cidade, que incluem antigas fábricas outrora devolutas, o que prova que existem alternativas para dar nova vida a infraestruturas que ficaram ao abandono após a crise têxtil e a UBI é um excelente exemplo disso [38].



Figura 3.6. Universidade da Beira Interior (Fonte: Autor).

A partir dos anos 80 e 90 a cidade alastra-se para uma zona mais plana, onde até então existiam uma série de terrenos e quintas. A denominada ‘parte nova da cidade’ possuía boas características geográficas para a construção de edifícios, estradas e outras infraestruturas. Esta zona mais recente atraiu investimentos externos e é, até ao dia de hoje, onde se localizam os edifícios mais modernos. Grande parte das empresas, escolas, residências e hotéis estão localizadas na parte nova e esta está perto de vias, como autoestradas, que permitem um fácil acesso à cidade. Uma série de serviços como o Hospital, centro de saúde e posto da polícia, foram movidos para esta zona, através da construção de edifícios mais recentes, espaçosos e modernos, que estão melhor adaptados às necessidades dos habitantes.

A mais recente expansão para esta área permitiu que a mesma fosse arquitetonicamente melhor planeada, com estradas e ruas mais largas (como é caso da Alameda da Europa, representada na Figura 3.7), edifícios mais modernos e atuais, assim como uma maior e melhor oferta de serviços à população, o que fez com que grande parte dos habitantes se instalasse nesta zona.



Figura 3.7. Alameda da Europa, parte nova da Covilhã (Fonte: Autor).

A figura anterior representa um trecho do famoso eixo TCT, uma estrada que liga o Tortosendo, a Covilhã e o Teixoso. Embora seja uma artéria fundamental para a cidade e para o concelho, o desenho do traçado da mesma, o seu formato, o número de vias e a extensão do eixo estrutural desta via, provocou externalidades negativas, com um maior congestionamento e índices de poluição mais elevados.

Atualmente, a Covilhã assume-se maioritariamente como uma cidade universitária e turística, já que é o maior centro urbano da zona da Serra da Estrela [38]. De referir que existem também inúmeras empresas com sede no concelho da Covilhã, nomeadamente nos parques industriais do Tortosendo e do Canhoso. É importante realçar que em 2013, no âmbito de uma reforma administrativa, foi constituída a União de freguesias da Covilhã e Canhoso, que consiste na fusão de cinco antigas freguesias: Santa Maria, São Martinho, São Pedro, Conceição e Canhoso [41].

3.2. Localização e Contexto Geográfico

O concelho da Covilhã situa-se nas Beiras e Serra da Estrela (NUT III), mais concretamente no distrito de Castelo Branco, que por sua vez se encontra limitado a norte pelo distrito da Guarda, a este por Espanha, a oeste pelos distritos de Coimbra e Leiria, e a sul, novamente, por Espanha e também pelos distritos de Santarém e

Portalegre (Figura 3.8) [42]. Já o concelho da Covilhã, constituído por 21 freguesias (Figura 3.9), está geograficamente limitado a norte pelo concelho da Guarda (distrito da Guarda), a sul pelo do Fundão, a este pelo de Belmonte, a oeste pelos de Pampilhosa da Serra e de Arganil (ambos do distrito de Coimbra) e a noroeste pelos de Seia e de Manteigas (ambos do distrito da Guarda) [42].

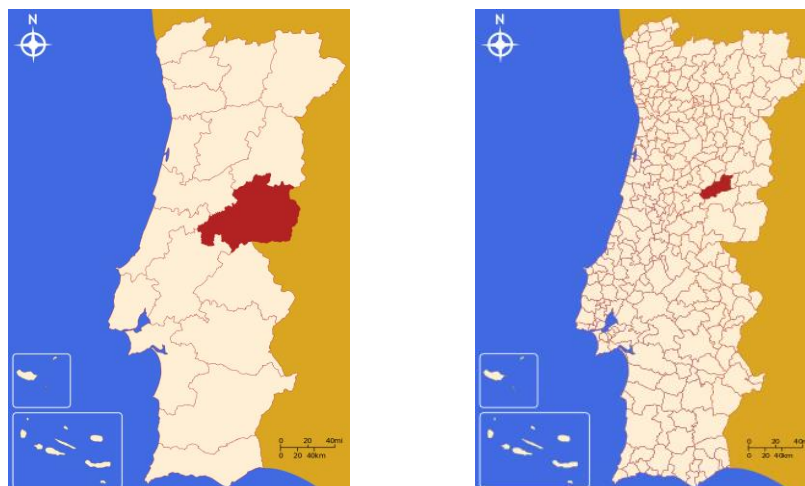


Figura 3.8. Localização do distrito de Castelo Branco e do concelho da Covilhã, respetivamente (Extraído de [37]).

No que toca à cidade da Covilhã, esta, dentro do concelho, abrangia quatro antigas freguesias (unidas após uma reforma administrativa em 2013): a da Conceição, Santa Maria, São Pedro e São Martinho [41]. A distância da cidade da Covilhã aos dois maiores centros urbanos em Portugal, Lisboa e Porto, é de 278 km e 238 km respetivamente [57]. Também o contexto geográfico da Covilhã, assim como das freguesias que a rodeiam, é muito particular e raro no panorama urbanístico português, já que se encontra localizada na encosta de uma serra, a Serra da Estrela, que é a mais alta em Portugal continental. A cidade tem um nível médio de altitude de cerca de 700 metros e é considerada o centro urbano mais importante na zona da Serra da Estrela [43]. Devido a estes fatores, a cidade é muitas vezes apelidada de ‘Cidade Neve’.



Figura 3.9. As 21 freguesias que constituem o concelho da Covilhã (Extraído de [37]).

3.3. Distribuição da População e Infraestruturas

Nos dias de hoje, a população, assim como as infraestruturas da cidade, estão claramente distribuídas e divididas entre a parte mais antiga e a mais recente. Assim como referido no tópico 3.1, é a partir dos anos 80 e 90 que a cidade começa a crescer e a alastrar-se para a atual parte nova. Como também já foi abordado de uma forma breve anteriormente, este facto deve-se, em grande parte, a uma questão de conveniência, já que a zona mais recente da cidade possui características mais propícias à construção de edifícios e a um melhor planeamento arquitetónico, devido a ser mais plana em termos de relevo geográfico.

A zona mais nova da cidade é caracterizada por edifícios mais recentes e modernos como prédios residenciais mais altos e estruturalmente melhor planeados, com garagens subterrâneas, sótãos e caves. As avenidas, estradas e passeios são mais largos e existem mais espaços verdes e de lazer, como jardins. Exemplos de alguns destes jardins são: o Jardim do Lago (Figura 3.10), situado junto da Piscina Praia da Covilhã, o Jardim das Artes e o Jardim do Rodrigo. Todas estas construções incentivaram a população a adquirir, nesta zona, casas, terrenos e a fazerem investimentos em negócios que, consequentemente, desenvolveram ainda mais esta área.



Figura 3.10. Jardim do Lago (Fonte: Autor).

A população desta zona é, em comparação com a da parte antiga da Covilhã, mais jovem, já que grande parte dos residentes da zona histórica são idosos que nasceram, cresceram e sempre residiram na mesma. Já na zona nova, encontramos famílias mais jovens que adquiriram os seus apartamentos nos últimos 20 a 30 anos. Em ambas as zonas é possível encontrar estudantes universitários provenientes de outras regiões do

país ou até mesmo do estrangeiro, contudo, é mais comum que os mesmos se encontrem a residir na parte histórica, já que a maioria dos departamentos universitários se encontram nesta área, à exceção da Faculdade de Ciências da Saúde. Além disso, os preços das rendas são mais acessíveis na zona histórica, já que as casas são mais antigas e pequenas. Contudo, na última década assistiu-se à remodelação de vários destes edifícios residenciais.

No que às infraestruturas prestadoras de serviços diz respeito, a área mais recente detém a maior parte do comércio existente na cidade, tal como hipermercados, shoppings e cadeias de restauração. O único Hospital da cidade, o Centro Hospitalar Universitário Cova da Beira (CHUCB), inaugurado no ano de 2000 e representado na Figura 3.11, também se localiza na atual parte nova e substituiu o antigo Hospital que fazia parte da zona antiga e estava visivelmente desatualizado e incapaz de responder a grande parte das necessidades da população [45]. Alguns edifícios importantes que também se ergueram nesta parte da cidade incluem: postos de combustível e de carregamento de veículos elétricos, stands de automóveis, farmácias, escolas básicas, secundárias e de ensino profissional, um centro de saúde, posto da polícia e complexos desportivos.



Figura 3.11. Centro Hospitalar Universitário Cova da Beira (CHUCB)
(Fonte: Autor).

Já na zona antiga da Covilhã, podemos encontrar edifícios históricos que datam, em alguns casos, a várias centenas de anos. Os mais importantes incluem: a Câmara Municipal, o cemitério da cidade, o Mercado Municipal, o estádio de futebol do Sporting Clube da Covilhã (Figura 3.12) e uma série de igrejas e capelas centenárias. Alguns dos edifícios mais recentes que se situam nesta área geográfica são: o quartel de

Bombeiros e a Universidade da Beira Interior (constituída por vários departamentos e faculdades espalhadas pela zona histórica).



Figura 3.12. Estádio de futebol Santos Pinto, casa do Sporting Clube da Covilhã (Fonte: Autor).

3.4. Identificação de alguns Problemas de Trânsito e de Estacionamento na Zona Antiga da Cidade

Tal como referido nos tópicos anteriores, houve uma necessidade de expandir a cidade para territórios geograficamente mais propícios à construção de edifícios maiores e mais modernos. Isto porque a zona antiga da cidade, além de não se encontrar adaptada a um grande fluxo de viaturas, também, em termos de infraestruturas, já não apresenta espaço suficiente para a edificação de novas construções. Muitas das ruas são estreitas e não permitem a circulação de veículos nos dois sentidos. Em alguns casos não existe mesmo a possibilidade de se efetuarem obras de renovação com o objetivo de expandir as vias, já que os edifícios antigos que as rodeiam tornam esta tarefa difícil e, em muitos casos, inviável em termos financeiros e práticos.

É comum, principalmente em horas de ponta, criarem-se filas de tamanho considerável nos principais acessos desta zona histórica, principalmente na Rua Visconde da Coriscada, avenida que dá acesso à Câmara Municipal e ao Pelourinho (também conhecido como Largo da Câmara), e na Rua Marquês de Ávila, que dá acesso direto à UBI e à Garagem de São João de Malta. Muitas das vezes existe a agravante de se verificarem veículos mal-estacionados nessas mesmas vias, o que acentua ainda mais o problema do trânsito. Em muitos dos casos estas situações devem-se ao

desconhecimento, principalmente por parte de turistas e visitantes, das ofertas e oportunidades de estacionamento existentes um pouco por toda a cidade.



Figura 3.13. Rotunda do Pelourinho, considerada o centro da cidade da Covilhã (Fonte: Autor).

A zona do Pelourinho (Figura 3.13), considerado o centro da Covilhã, é, sem dúvida, a principal artéria da parte mais histórica e é, também a partir daqui, que se tem acesso às principais atrações da cidade, serviços públicos e espaços de lazer. Por esta razão as vias que dão acesso ao Pelourinho são as que verificam maiores problemas em termos de trânsito. É comum, a pessoas que se deslocam na cidade e que desconhecem a existência de espaços de estacionamento como os silos municipais, perderem tempo a circular nestas vias à procura de um lugar para imobilizar ou estacionar o seu veículo, o que agrava o problema e cria ainda mais embaraço nestas avenidas.

É no sentido de minimizar este constrangimento nas várias artérias da zona histórica, que se deve investir na informação aos diferentes utilizadores da cidade, das possibilidades que se encontram ao seu dispor em termos de estacionamento dos seus automóveis. Estas informações podem, por exemplo, vir na forma de placas que, para além de fornecerem a localização dos diferentes silos auto municipais da cidade, atualizam, em tempo real (através de sensores), o número de lugares vagos presentes em cada um deles. Estes postos de informação podem ser colocados nos interiores de cada parque, assim como em zonas de grande exposição e afluência, como por exemplo no Pelourinho.

Existem quatro avenidas que dão acesso ao Pelourinho, estas são: a Rua Visconde da Coriscada, a Rua Rui Faleiro, a Rua António Augusto e, por último, a Rua Comendador Campos Melo, também conhecida por ‘Rua Direita’. Uma vista panorâmica destas ruas pode ser visualizada na Figura 3.14. Cada uma destas vias apresenta, para além de problemas gerais e que são comuns a todas elas, os seus problemas específicos. Desta forma, nos seguintes parágrafos, irão ser descritas algumas destas adversidades, e também serão apresentadas algumas fotos que as ajudam a ilustrar.



Figura 3.14. Vista panorâmica e representação das ruas que dão acesso ao Pelourinho (Extraído de [57]).

Rua Rui Faleiro:

A Rua Rui Faleiro, representada na Figura 3.15, possui dois sentidos, o sentido ascendente, vindo do Pelourinho, é o principal acesso da Covilhã à Serra da Estrela. Por este e outros motivos, é comum verificar-se, nesta via, a passagem de autocarros e veículos de grande porte, como carrinhas de mercadorias, reboques e autocaravanas. Trata-se de uma rua bastante estreita onde é recorrente a existência de acidentes entre veículos que circulam em sentidos opostos. É também bastante habitual encontrarem-se viaturas imobilizadas no meio de cada uma das vias (ascendente e descendente), derivado ao comércio existente nesta avenida. Devido a estes fatores, esta rua é um dos casos mais preocupantes na zona histórica da cidade, havendo até algumas propostas para uma reformulação da mesma, que contemple a circulação de veículos apenas num sentido. O mesmo ainda não se efetuou, pois as alternativas para a circulação no sentido oposto são deveras escassas e inviáveis. À exceção de um pequeno trecho no cimo da rua, localizado à frente do Centro Comercial da Covilhã (Figura 3.16), esta não

possui mais oportunidades de estacionamento de veículos, devido a ser bastante estreita.



Figura 3.15. Rua Rui Faleiro (Fonte: Autor).



Figura 3.16. Espaço de estacionamento improvisado na Rua Rui Faleiro (Fonte: Autor).

Este espaço, representado na Figura 3.16 e onde cabem sensivelmente três a quatro automóveis, não está devidamente sinalizado como sendo destinado a estacionamentos, nem se encontram desenhadas linhas no pavimento que os delimitam, sendo que no futuro esta questão poderia ser alvo de atenção por parte da Câmara Municipal.

Como referido anteriormente, durante o dia, é recorrente a imobilização incorreta de veículos nesta via, como pode ser observado na Figura 3.17.



Figura 3.17. Alguns veículos imobilizados incorretamente ao longo da Rua Rui Faleiro (Fonte: Autor).

O cenário que se encontra representado na Figura 3.17, por pouco tempo que se verifique, é o suficiente para criar embaraço no trânsito e filas que, muitas das vezes,

chegam a atingir a rotunda do Pelourinho, principalmente em horas de ponta. Muitos dos condutores que têm este tipo de práticas revelam, em grande parte dos casos, desconhecimento das alternativas que existem a poucos metros para a imobilização mais correta dos seus veículos, e potencialmente, gratuita.

Rua Comendador Campos Melo (Rua Direita):

A Rua Comendador Campos Melo (Figura 3.18), popularmente conhecida como ‘Rua Direita’, é uma rua de uma só via e de apenas um sentido, fazendo a ligação entre o Jardim Público (o maior jardim da zona histórica) e o Pelourinho. Trata-se de uma avenida de cerca de 190 metros de extensão [57] e que verifica uma circulação de veículos considerável durante o dia. Existem várias lojas, comércios, farmácias e cafés ao seu redor e é um habitual espaço de lazer para a população residente. Os passeios têm largura suficiente e a Câmara Municipal optou pela colocação de canteiros na margem dos mesmos, com o objetivo de lá se evitar o estacionamento e, assim, permitir que as pessoas caminhem livremente sem terem que transgredir para a estrada. Existem, contudo, alguns trechos nesta rua onde, deliberadamente, a presença destes canteiros não se verifica. O propósito destes espaços é, supostamente, para que existam algumas áreas onde se possam efetuar cargas e descargas, sem desta forma provocar embaraço no trânsito, como no exemplo da Figura 3.19.



Figura 3.18. Rua Comendador Campos Melo (Rua Direita) (Fonte: Autor).



Figura 3.19. Espaço ideal para cargas e descargas, não sinalizado (Fonte: Autor).

O grande problema está na falta de sinalização destes espaços, como no exemplo da figura anterior, como sendo reservados a cargas e descargas, pois grande parte das vezes, e também representado na imagem, o que se verifica nestes mesmos espaços é a presença de carros estacionados durante várias horas, obrigando assim a que veículos destinados a abastecer algum dos muitos comércios existentes na avenida, sejam obrigados a se imobilizarem no meio da via, provocando congestionamento no trânsito. Neste sentido, deveria ser colocado um sinal que identificasse estas zonas como sendo reservadas a cargas e descargas entre, por exemplo, as 9:00 e as 19:00. Por vezes, e de

forma a agravar este problema, alguns dos veículos que se encontram estacionados nestas áreas ocupam um espaço considerável da estrada, o que, aliado à presença de canteiros na berma oposta e sendo que esta rua só possui uma via, faz com que a circulação das viaturas seja dificultada ou até completamente obstruída.

No cimo desta rua, antes do cruzamento que dá acesso ao Pelourinho, existem os dois únicos espaços autorizados para o estacionamento de veículos. O primeiro, situado à direita (no sentido ascendente da avenida), e representado na Figura 3.20, permite o estacionamento durante 30 minutos (das 9:00 até às 19:00), contudo, neste trecho o pavimento não se encontra devidamente delineado de forma a assinalar o número de viaturas que lá podem estacionar. Através de análises efetuadas no terreno, pode concluir-se que, em média, cabem neste espaço cerca de seis veículos ligeiros.



Figura 3.20. Um dos espaços de estacionamento presentes na Rua Direita (Fonte: Autor).

O segundo espaço, situado na berma oposta e a cerca de 40 metros de distância do primeiro [57], conta com um lugar reservado a cargas e descargas (o único em toda a extensão da rua), por períodos de 15 minutos (Figura 3.21), e três lugares em que, durante as 9:00 e as 19:00, é permitida a permanência de veículos por um período de tempo até meia-hora (Figura 3.22).

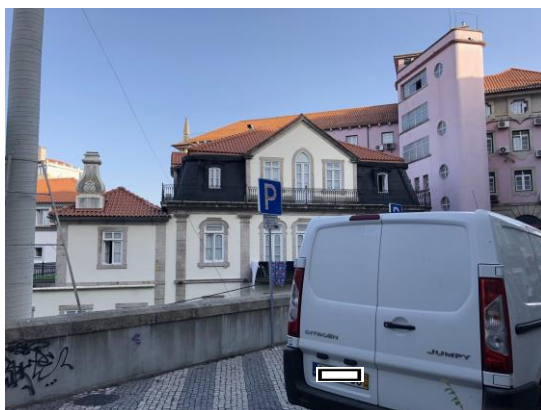


Figura 3.21. Espaço destinado a cargas e descargas até 30 minutos (Fonte: Autor).



Figura 3.22. Espaço com capacidade para o estacionamento de três veículos até 30 minutos (Fonte: Autor).

Rua António Augusto de Aguiar:

A Rua António Augusto de Aguiar é a rua que liga o Pelourinho ao Mercado Municipal e ao silo do Mercado. É caracterizada pela existência de algumas lojas e um museu, propriedade da Câmara Municipal da Covilhã. Contempla a circulação nos dois sentidos e é nela que se pode encontrar uma fileira de lugares de estacionamento reservados exclusivamente a Táxis (Figura 3.23).



Figura 3.23. Estacionamentos reservados a veículos táxis na Rua António Augusto de Aguiar (Fonte: Autor).

Este espaço, situado na berma da avenida, tem capacidade para albergar 9 táxis. Por vezes a sinalização do mesmo não é respeitada, havendo casos em que se encontram, nestes lugares, veículos não-táxis imobilizados ou até mesmo estacionados. Mais uma vez, o desconhecimento por parte de alguns automobilistas da gratuitidade, na primeira meia-hora, do silo junto ao Pelourinho, causa impacto direto na circulação de veículos e afetam os trabalhadores que dependem destes lugares de estacionamento.

Este, porém, trata-se do único problema considerável na rua em questão, já que ambas as vias são largas e os passeios também são espaçosos, não havendo assim outras questões adversas à circulação na mesma.

Mais à frente, em direção ao silo do Mercado Municipal, podemos encontrar um largo (em frente ao edifício da antiga polícia) com espaço para o estacionamento de 8 veículos, dos quais dois estão reservados a automóveis elétricos (lugares pintados a azul), assim como se pode verificar na Figura 3.24. Estes dois lugares oferecem também a possibilidade de lá se poder efetuar o carregamento de veículos elétricos, já que existe um posto para o seu efeito (Figura 3.25).



Figura 3.24. Largo com capacidade para o estacionamento de seis veículos normais e dois elétricos (Fonte: Autor).



Figura 3.25. Posto de carregamento com capacidade para o abastecimento de dois veículos elétricos (Fonte: Autor).

Em frente a este largo, paralelamente à via, existem mais 9 lugares para estacionamento e um reservado a cargas e descargas (Figura 3.26). Estes 10 lugares, durante as 9:00 e as 19:00, são limitados a 30 minutos de estacionamento para cada veículo. Finalmente, na berma oposta e já em frente ao edifício do Mercado Municipal, existem mais 14 lugares, sujeitos às mesmas restrições (Figura 3.27). Devido ao desgaste das linhas que delimitam estes espaços, é comum verificarem-se carros mal-

estacionados, o que significa que, por vezes, não caibam nesta berma um total de 14 veículos, mas sim menos.



Figura 3.26. Lugares, em frente ao largo da antiga polícia, com permanência até 30 minutos (entre as 9:00 e as 19:00) (Fonte: Autor).



Figura 3.27. Lugares à frente do edifício do Mercado, com permanência até 30 minutos (entre as 9:00 e 19:00) (Fonte: Autor).

Rua Visconde da Coriscada:

A Rua Visconde da Coriscada, representada na Figura 3.28, é sem dúvida a de maior afluência de todas as que fazem a ligação ao Pelourinho. Com uma extensão de cerca de 300 metros [57], este é o principal acesso entre a zona nova da Covilhã e a parte histórica. Além do mais, é uma ligação direta do Pelourinho à Garagem de São João de Malta e aos principais polos da Universidade da Beira Interior. Por estas razões, é nesta avenida onde se podem encontrar as vias mais largas e espaçosas, havendo até um trecho, no sentido descendente, onde se verificam duas vias no mesmo sentido. Em questão a adversidades ou desafios à circulação de veículos, os mesmos são pouco comuns, já que não é usual encontrarem-se automóveis imobilizados ou mal-estacionados na mesma. As filas que se verificam nesta avenida, principalmente em horas de ponta, devem-se aos semáforos que controlam o seu principal cruzamento, já que este é um dos mais movimentados da cidade. É também ao longo desta rua que existem três entradas diretas para dois dos silos auto que existem na zona histórica da cidade, o silo do ‘Sporting Shopping’ e o silo da ‘Praça do Município’.

Apesar da sua envergadura e enorme afluência a que a Rua Visconde da Coriscada está sujeita em termos de trânsito de veículos, a mesma só possui uma área destinada à imobilização de automóveis (excluindo os silos). Este espaço está localizado mesmo em frente da principal entrada do silo auto da Praça do Município. Trata-se do Largo 5 de Outubro, onde existem três lugares sinalizados que permitem a permanência de veículos até 30 minutos (Figura 3.29).



Figura 3.28. Rua Visconde da Coriscada, o principal acesso ao centro histórico da Covilhã (Fonte: Autor).



Figura 3.29. Três estacionamentos até meia-hora, presentes no Largo 5 de outubro (Fonte: Autor).

É importante referir também que, excluindo os lugares de estacionamentos em cada uma das ruas descritas anteriormente e também os lugares disponíveis nos silos auto, existem, nas redondezas do Pelourinho dois principais espaços destinados ao estacionamento e imobilização de veículos. Estes são: a fileira de estacionamentos na Rua Capitão Alves Roçadas e o espaço localizado nas traseiras do edifício da Câmara Municipal da Covilhã.

A Rua Capitão Alves Roçadas é uma rua proveniente do Pelourinho e de sentido único que dá acesso a edifícios como a Igreja de Santiago, os Correios de Portugal (CTT) e uma escola básica, assim como alguns comércio e habitações. A fileira de estacionamentos representada na Figura 3.30, permite apenas que os veículos permaneçam em cada um dos lugares por um período máximo de 30 minutos, algo que várias vezes ao dia não é respeitado, resultando em que estes espaços estejam quase sempre ocupados.



Figura 3.30. Lugares com sinalização de permanência até 30 minutos (Fonte: Autor).

Este primeiro espaço permite que quatro veículos estacionem durante um tempo máximo de 30 minutos. Mais à frente, existe uma fileira que contempla o estacionamento de 8 veículos, por tempo indeterminado (Figura 3.31). Destes 8 lugares, dois são reservados a automóveis munidos de dístico de deficiência. Existe também um espaço, com capacidade para 8 veículos, que é reservado a trabalhadores e veículos dos CTT (Figura 3.32). Neste último é também bastante comum a presença de veículos de pessoas que não estão autorizadas a lá estacionar.



Figura 3.31. Fileira de estacionamento com capacidade para 8 veículos, dos quais dois são reservados a veículos com dístico de deficiência (Fonte: Autor).



Figura 3.32. Espaço reservado ao estacionamento de viaturas dos CTT (Fonte: Autor).

Já no caso do espaço por detrás do edifício da Câmara Municipal da Covilhã, este apresenta alguns lugares disponíveis (que irão ser taxados) ao estacionamento e outros lugares reservados a trabalhadores e colaboradores da Câmara Municipal. Ao todo existem seis lugares reservados (Figura 3.33) e 10 lugares futuramente taxados, disponíveis à população (Figura 3.34). Adicionalmente, e como é visível na Figura 3.34, existe uma doca para bicicletas, com espaço para quatro unidades.



Figura 3.33. Lugares reservados a pessoal da CMC (Fonte: Autor).



Figura 3.34. Lugares tarifados disponíveis ao público (Fonte: Autor).

É importante referir também que na própria rotunda do Pelourinho existem dois espaços, com dois lugares cada um, que são disponibilizados à PSP, à Câmara

Municipal e a pessoas portadoras de deficiência (Figura 3.35). Como é o caso com várias situações descritas anteriormente, é bastante recorrente a presença, nestes lugares, de veículos que não preenchem nenhum dos requisitos referidos anteriormente, o que faz com que, várias vezes ao dia, a Polícia de Segurança Pública tenha que se deslocar ao local e regularizar a situação.



Figura 3.35. Dois lugares reservados para portadores de deficiência e dois lugares reservados para veículos da Câmara da Covilhã ou PSP (Fonte: Autor).

3.5. Novo Plano de Mobilidade na Cidade da Covilhã

O novo plano de mobilidade que tem início a partir do dia 1 de fevereiro de 2023, e que se vai estender pelos próximos 10 anos, é fruto de um acordo de concessão assinado pela Câmara da Covilhã e a empresa ‘Mobi Covilhã’, pertencente ao grupo ‘Transdev’ [46]. Este plano abrange não só a concessão da rede de transportes públicos à empresa, mas também a renovação da frota de autocarros que percorre a cidade, adição de novas rotas (em concreto a da Serra da Estrela, com ligação às Penhas da Saúde e à Torre, e a linha da Universidade, com ligação ao terminal rodoviário e à estação de comboios) e horários, a construção de novos abrigos (paragens de autocarro), gestão de elevadores, funiculares, trotinetas, bicicletas e, por último, uma nova gestão do estacionamento na cidade, que visa estacionamentos ao ar livre e em silos auto [46, 47]. Também é importante referir que é pretendido, pela empresa concessionária, o desenvolvimento e criação de um novo *site* e de uma aplicação para *smartphone* que assegure a ligação entre todos estes modos e disponha informações sobre o funcionamento dos mesmos [46, 47].

A Mobi Covilhã garantiu que até dia 1 de julho do presente ano, de forma faseada, iriam fazer chegar os novos equipamentos e serviços, cujos objetivos são de “melhorar a qualidade do serviço existente e desenvolver a mobilidade coletiva no concelho da Covilhã” [48]. Já Vítor Pereira, presidente da Câmara Municipal da Covilhã, refere ainda, sobre os estacionamento na cidade, que “o objetivo é que nas zonas de comércio, ou serviços, haja estacionamento para quem quer ir tratar de assuntos rápidos, sem que haja ali carros estacionados o dia todo, como se verifica quando o estacionamento não é pago” [49]. Hélio Fazendeiro, chefe de gabinete de Vítor Pereira, acrescenta também, acerca do mesmo tópico, que a filosofia por trás do estacionamento pago não é a “punição ou arrecadar receitas”, mas sim disponibilizar lugares junto aos espaços de serviço e comércios [50]. É possível então verificar que estas medidas e propostas visam dinamizar, em termos de transportes públicos e estacionamento para veículos, o concelho e a cidade da Covilhã e corrigir alguns dos problemas que se verificam nos mesmos. Existem uma série de medidas resultantes da assinatura deste contrato de concessão. De forma detalhada, as mesmas serão enumeradas e descritas nos seguintes parágrafos.

No que toca às redes de transporte público e demais mobilidade [46, 48]:

- 10 autocarros novos;
- Passes gratuitos para estudantes (incluindo universitários);
- 50 novos abrigos totalmente renovados (paragens de autocarros);
- Duas novas rotas de autocarro: Linha da Serra e Linha da Universidade;
- Gratuitidade para a mobilidade em elevadores e funiculares para estudantes, residentes e pessoas com mais de 65 anos;
- 120 bicicletas e 200 trotinetes elétricas com 21 estações e 172 docas (os primeiros 8 minutos diários de utilização em ambos serão gratuitos para estudantes do ensino secundário e superior e também para detentores de passe mensal).

A respeito da gestão de estacionamento na cidade, estas são as informações disponibilizadas acerca do seu funcionamento [50, 51]:

- Máximo de 450 lugares tarifados à superfície (dos quais 148 serão localizados na zona antiga da cidade);
- Gratuitidade para os residentes no estacionamento de um veículo, seja nos silos ou à superfície.
- Os primeiros 30 minutos de utilização dos silos serão gratuitos;

- Desconto de 30% no estacionamento nos silos para residentes e trabalhadores do comércio local (igual valor de desconto para detentores do passe mensal);
- Os preços cobrados, tanto à superfície como no interior dos silos, serão iguais aos de 2019 (Figura 3.36).



Figura 3.36. Preço das tarifas de estacionamentos à superfície na cidade (Fonte: Autor).

Por último, e como referido anteriormente, é o objetivo da Mobi Covilhã o lançamento de um novo *site* e de uma *APP* com “um sistema de bilhética de próxima geração que vai permitir uma experiência multimodal contínua e tarifação progressivamente integrada entre serviços de autocarros, estacionamento, mobilidade suave partilhada, elevadores e funiculares” [48].

Atualmente, e segundo as últimas notícias, os estacionamentos tarifados à superfície irão apenas entrar em vigor no decorrer do mês de outubro do presente ano, mais concretamente no dia 14. Esta situação deve-se ao facto de algumas das infraestruturas necessárias para por em prática o novo plano de mobilidade estarem ainda por instalar ou regular. Existem também avenidas nas quais estes lugares se encontram, que estão a ser alvo de obras de requalificação, como é o caso da Avenida Frei Heitor Pinto, que dá acesso ao Jardim Público da Covilhã.

No que diz respeito aos silos, apenas o silo auto da Praça do Município está a funcionar de forma plena e já com o estacionamento no seu interior a ser tarifado. Isto porque os outros dois silos da zona histórica da cidade, o silo do Mercado Municipal e o silo do Sporting Shopping, necessitam ainda de obras de remodelação no sentido de os

preparar, em termos das infraestruturas físicas e elétricas, para a entrada em vigor do novo plano de mobilidade.

3.6. Caracterização dos Parques de Estacionamento Municipais e do seu Funcionamento na Zona Histórica da Covilhã

Na zona histórica da Covilhã podemos encontrar três parques municipais de estacionamento. Estes silos encontram-se todos dentro de um raio de 200 metros do Pelourinho [57] (Figura 3.37), considerado o centro da cidade e local onde está situada a Câmara Municipal da Covilhã. Os três parques são: o parque de estacionamento do Mercado Municipal da Covilhã (representado a vermelho na Figura 3.37), o silo auto da Praça do Município (que possui duas entradas e está representado a azul na Figura 3.37) e o silo auto do Sporting Shopping (representado com a cor verde na imagem da Figura 3.37). Todos estes parques são propriedade da Câmara Municipal e, até há relativamente pouco tempo, todos se encontravam com entrada livre ao público, não sendo cobrado qualquer valor monetário pela sua utilização. Esta última situação, tal como referido anteriormente, foi alvo de mudança aquando do novo acordo de concessão, sendo que neste momento o silo do Sporting Shopping se encontra encerrado para obras e manutenção e o silo do Mercado ainda se encontra com entrada livre ao público, pois o seu espaço também será alvo de obras de remodelação.



Figura 3.37. Distância dos três silos da zona histórica ao Pelourinho (Extraído de [57]).

De momento, e como foi referido anteriormente, na parte histórica da cidade apenas o silo auto da Praça do Município se encontra em funcionamento pleno e, foi a partir do dia 14 de agosto, que se deu oficialmente o início ao protocolo de gestão do parque por parte da Mobi Covilhã. Foi nesta data que se passou a cobrar pela utilização do parque. A taxa de utilização do silo (Figura 3.38), que irá ser comum a todos os da cidade, é a seguinte:

tarifário tariff		
PARQUE PELOURINHO		
TEMPO E PERMANÊNCIA TOTAL ATÉ	08H ÀS 20H	20H ÀS 08H
00:15	-0,30€ Gratuito	-0,25€ Gratuito
00:30	-0,50€ Gratuito	-0,45€ Gratuito
00:45	0,80€	0,75€
01:00	1,10€	0,95€
01:15	1,45€	1,10€
01:30	1,75€	1,25€
01:45	2,00€	1,35€
02:00	2,30€	1,50€
02:15	2,65€	1,65€
02:30	2,90€	1,80€
02:45	3,15€	1,95€
03:00	3,45€	2,05€
POR CADA 15 MINUTOS SEGUINTE, OU FRAÇÃO	+ 0,25€	+ 0,10€

Figura 3.38. Taxa de utilização dos silos da Covilhã após o novo plano de mobilidade (Fonte: Autor).

É importante também fazer menção a outro silo de estacionamento existente na cidade da Covilhã, o silo auto da Estação (Figura 3.39). Este espaço, inaugurado a 21 de dezembro de 2005, conta com capacidade para 169 lugares e está localizado no Largo da Estação [57]. O mesmo não vai ser alvo de um grande foco neste relatório, já que se encontra na zona nova da cidade e não tem grande influência na situação dos estacionamentos na parte histórica da Covilhã.



Figura 3.39. Silo auto da Estação, localizado na parte nova da Covilhã (Fonte: Autor).

À semelhança do que acontece de momento com o silo do Sporting Shopping, também este silo se encontra encerrado para obras no sentido da implementação da sua tarifação por parte da Mobi Covilhã e é previsto que reabra no final do presente ano.

Silo do Mercado Municipal da Covilhã:

Um dos silos mais antigos da cidade é o que se encontra no edifício do Mercado Municipal da Covilhã. O edifício de Mercado em si, data aos anos 40, já que no final dos anos 30, a Câmara Municipal da Covilhã tinha como um dos seus principais objetivos construir um espaço que lá contivesse e centralizasse os vários mercados, que outrora eram feitos em diversas localizações espalhadas pela cidade. Assim, a 10 de julho de 1940, a Câmara da Covilhã adquire por escritura um terreno localizado na Rua António Augusto de Aguiar, uma das mais movimentadas da cidade [52, 53].

Após ser adquirido, o município da Covilhã iniciou imediatamente a construção de um mercado que consistia em três andares, um terraço ao longo de todo o comprimento do edifício e um pátio na entrada principal. Além disso, foi erguido um pequeno edifício adjacente para que os vendedores pudessem pagar os seus impostos. O Mercado (Figura 3.40) foi então inaugurado a 8 de dezembro de 1943 e tinha, à altura, a seguinte organização: o 1º piso estava destinado à venda de azeitonas, aves e ovos; no 2º piso eram comercializadas as carnes, pães, queijos e outros laticínios; já no 3º andar eram vendidas frutas, hortaliças e peixe [52].



Figura 3.40. Edifício do Mercado Municipal nos anos 40 (Extraído de [52]).

Nos anos de 1992 e 1993 são efetuadas as primeiras grandes remodelações ao edifício, que já demonstrava alguns sinais de desgaste. De notar a adição de uma cobertura à zona do terraço e à construção de algumas lojas nessa mesma zona, assim como a construção de um novo edifício no logradouro do Mercado, onde se passou a fazer a venda do peixe [52].

É nos inícios dos anos 2000 que se verifica, por parte das entidades responsáveis da Câmara, a necessidade de dotar a zona do Mercado de um parque de estacionamento, nomeadamente no seu 2º andar. Assim, e sem haver a necessidade de grandes obras, o silo do Mercado Municipal da Covilhã é inaugurado sem interferir com o funcionamento do Mercado, já que foi planeada uma nova distribuição dos andares do mesmo, destinando-se agora o 3º andar às atividades de venda de frutas, hortaliças, queijos, pão, carne, entre outros. No logradouro ainda se verifica a venda de peixe, e de realçar também, que no último andar, o 4º, se encontra instalada uma empresa de *call center* [52]. Atualmente as atividades do mercado têm o horário de terça-feira a sábados, das 6:00 às 15:00, e podem ser encontradas dentro das suas instalações [53]:

- Um café *snack-bar*;
- Uma padaria;
- Quatro talhos e quatro charcutarias;
- 77 bancas do setor de frutas e legumes;
- Duas bancas do setor do peixe e uma banca de venda de bacalhau;
- Uma banca de venda de ovos.

Quanto ao silo existente no edifício do Mercado Municipal, o mesmo é composto por apenas um andar que conta com um total de 35 lugares de estacionamento, dos quais cinco são reservados a trabalhadores da empresa de *call center*, que funciona dentro das instalações do edifício (Figura 3.41). Existe também um lugar reservado a pessoas portadoras de deficiência (Figura 3.42).



Figura 3.41. Um dos cinco lugares reservados a trabalhadores do *call center*, que funciona no último piso do edifício do Mercado (Fonte: Autor).

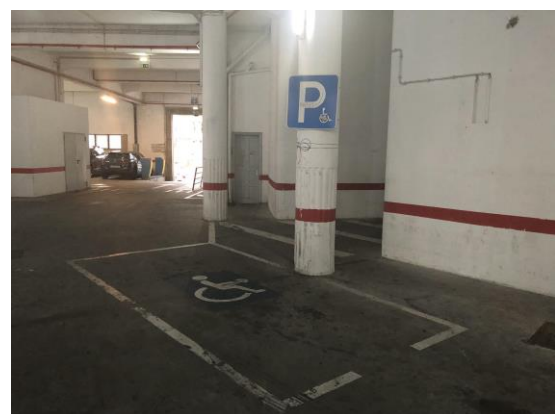


Figura 3.42. Lugar reservado para pessoas portadoras de deficiência (Fonte: Autor).

O silo tem a sua entrada (Figura 3.43) pela Rua António Augusto de Aguiar e tem a sua única saída (Figura 3.44) na Rua de Olivença e, dos três espaços existentes caracterizados como silos na zona antiga da cidade, este é o mais pequeno em termos de área e também em termos de lugares disponibilizados.



Figura 3.43. Entrada do silo do Mercado (Fonte: Autor).



Figura 3.44. Saída do silo do Mercado (Fonte: Autor).

Tal como referido anteriormente, de momento este parque ainda se encontra com entrada livre ao público, já que num futuro próximo (ainda sem data definida) o mesmo terá de ser alvo de obras de reestruturação e modernização da sua componente física e elétrica, já que ambas se encontram deveras degradadas, como pode ser observado na seguinte imagem (Figura 3.45):

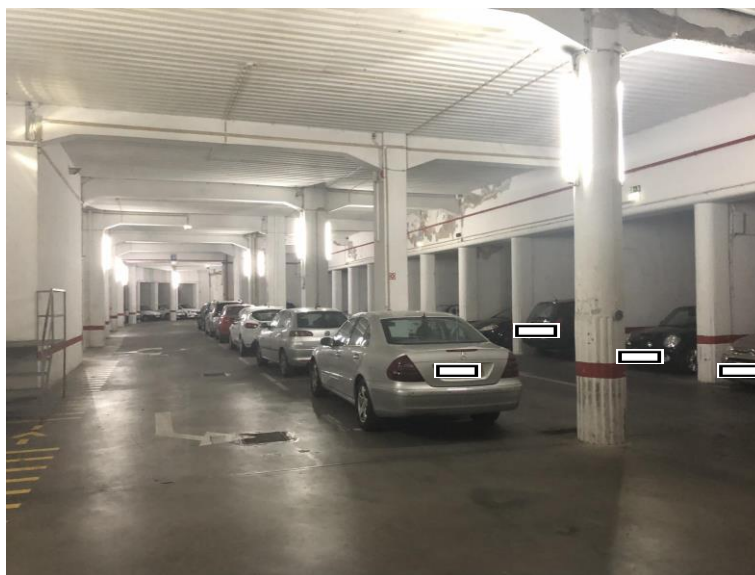


Figura 3.45. Interior do silo do Mercado, onde é visível algum desgaste na sua infraestrutura (Fonte: Autor).

Silo do Sporting Shopping:

Foi no ano de 1993, mais concretamente a 8 de dezembro, que foi inaugurado o Sporting Shopping Center e conseqüentemente o silo, com o mesmo nome (Figura

3.46). Este Shopping, localizado no centro da cidade e acessível pela Rua Visconde da Coriscada, conta com 63 lojas distribuídas por dois pisos, numa área total de 1887 m² [56]. O Sporting Shopping foi em tempos o maior e mais importante da cidade, contudo, após o crescimento da mesma para a zona mais nova e com a construção de outras superfícies comerciais mais modernas, verificou-se no Shopping uma quebra na sua afluência e conseqüente fecho de muitas das suas lojas. Atualmente a maior parte dos espaços encontram-se encerrados, com exceção de algumas lojas de roupa, cafés e demais comércios.



Figura 3.46. Shopping Sporting e entrada para o silo do Sporting Shopping (Fonte: Autor).

No entanto, o silo, que é o mais antigo da cidade e que se encontra adjacente ao edifício comercial Sporting Shopping, é de extrema importância a esta zona, já que, a par do silo auto da Praça do Município, é um dos maiores espaços de estacionamento da parte histórica. Composto por três pisos (-5, -4, -3), este espaço tem capacidade para albergar 150 veículos na sua totalidade. A arquitetura do parque consiste em três pisos planos, retos e sem qualquer desnível, interligados entre si através de rampas em formato de caracol.

A distribuição do número de lugares de estacionamento por piso é a seguinte:

- Piso -3 (Figura 3.47): Constituído por 49 lugares, com três reservados a sócios do Sporting Clube da Covilhã e dois reservados a pessoas portadoras de deficiência, tal como é visível na Figura 3.51.
- Piso -4 (Figura 3.48): Constituído por 45 lugares.
- Piso -5 (Figura 3.49): É o maior piso dos três que integram o parque, tem capacidade para 56 viaturas.



Figura 3.47. Piso -3 do silo do Sporting Shopping (Fonte: Autor).



Figura 3.48. Piso -4 do silo do Sporting Shopping (Fonte: Autor).



Figura 3.49. Piso -5 do silo do Sporting Shopping (Fonte: Autor).

O espaço conta também com um elevador que faz a ligação entre os pisos do silo e os andares do Shopping (Figura 3.50), uma casa de banho, no andar -5, e duas entradas exclusivas para pedestres que dão acesso ao piso -4 e -5.

Atualmente, o silo do Sporting Shopping encontra-se encerrado ao público por motivos da execução de obras de regularização técnica do local, nomeadamente na sua componente elétrica. Através da fala com alguns colaboradores e trabalhadores da Câmara Municipal da Covilhã, a data prevista para a reabertura do silo será no final do presente ano, no mês de novembro ou de dezembro. Esta reabertura já inclui o funcionamento deste espaço segundo as diretrizes do novo plano de mobilidade.



Figura 3.50. Elevadores presentes no silo (Fonte: Autor).

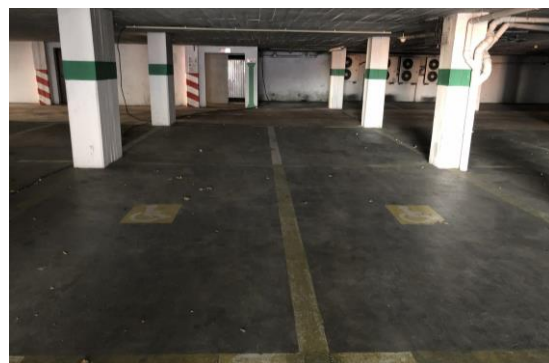


Figura 3.51. Os dois lugares reservados a deficientes (Fonte: Autor).

Silo Auto da Praça do Município:

Situado a norte do silo do Sporting Shopping, na mesma rua, podemos encontrar o silo da Praça do Município (Figura 3.52). É o mais moderno dos três silos da zona antiga, tendo sido aprovada a sua construção em 1999 e, posteriormente, inaugurado a 8 de março de 2002, numa obra histórica que requalificou esta zona da cidade [54, 55].



Figura 3.52. Principal entrada e a saída do silo auto da Praça do Município (Fonte: Autor).

O silo conta com duas entradas e uma saída de veículos, todas para a mesma rua (Rua Visconde da Coriscada). Além disso, o silo apresenta também três entradas e saídas exclusivas para pedestres, situadas em redor do Pelourinho. Dos três acessos para pedestres, dois contam com elevadores, de forma a facilitar a entrada e saída por parte de pessoas idosas ou portadoras de deficiência (Figura 3.54).



Figura 3.53. A outra entrada para o silo da Praça do Município (Fonte: Autor).



Figura 3.54. Uma das entradas para pedestres e elevador, que dão acesso ao silo (Fonte: Autor).

Arquitetonicamente, o parque é construído ele próprio, em formato de caracol, isto é, são os pisos em si que fazem de rampa, interligando-os entre todos. Este tipo de formato é considerado mais moderno e resulta em que o silo seja mais eficiente

aquando do seu uso de espaço e permite, desta forma, maximizar o número de lugares disponíveis no seu interior, já que não é necessária nenhuma rampa para acessar os níveis superiores. Neste sentido, os pisos têm um determinado desnível que, na prática, não é perceptível aquando da circulação nos mesmos.

É um parque que contém três andares (-2, -1, 0). O andar -2 (Figura 3.55) é constituído por 104 lugares de estacionamento e pode ser acessado através da entrada situada imediatamente à direita aquando da circulação no sentido ascendente da avenida. Destes 104 lugares, seis são destinados a viaturas do município (Figura 3.56).

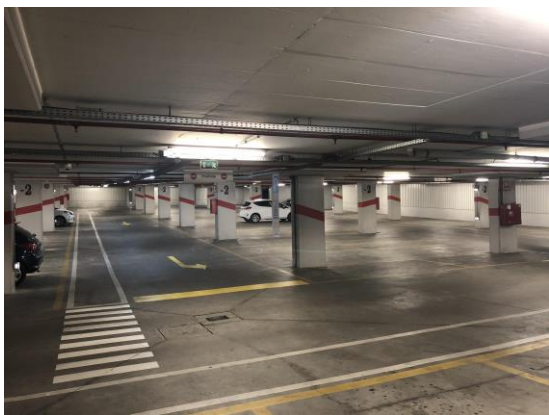


Figura 3.55. Piso -2 do silo (Fonte: Autor).

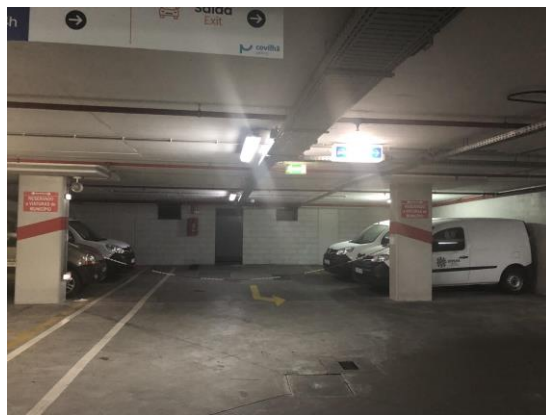


Figura 3.56. Seis lugares reservados a viaturas do município (Fonte: Autor).

Já a segunda entrada de veículos, a principal, funciona também como saída e dá acesso ao andar -1 do silo. Este piso, representado na Figura 3.57, é constituído por 136 lugares para veículos.

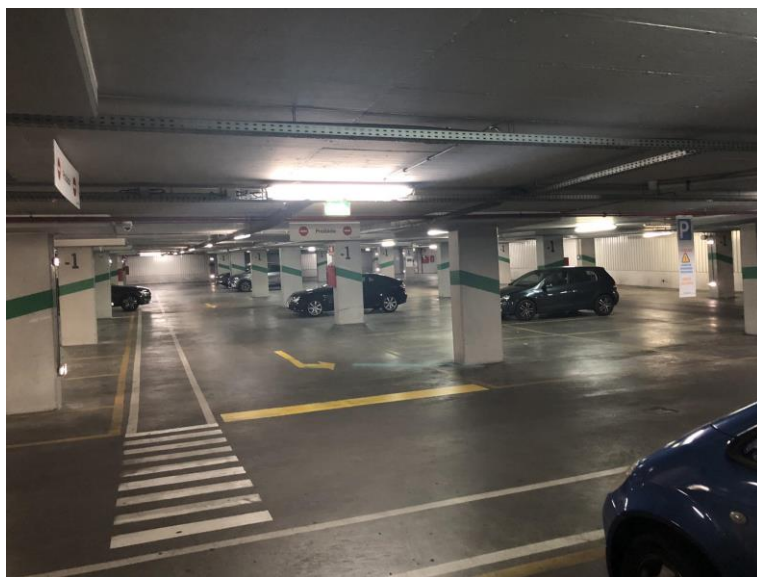


Figura 3.57. Piso -1 do silo (Fonte: Autor).

Por último, o piso 0 (Figura 3.58) conta com 131 lugares, dos quais 8 são lugares prioritários, que se encontram reservados a pessoas com deficiência condicionadora da sua mobilidade (Figura 3.59).

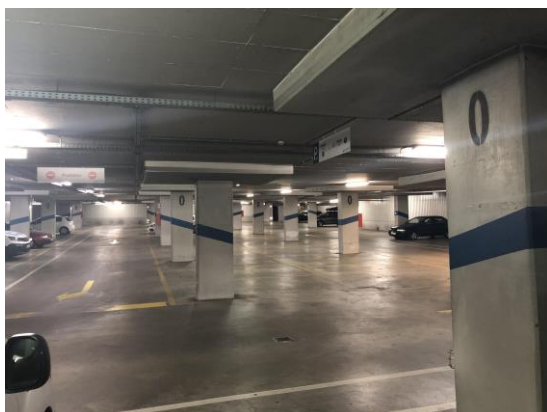


Figura 3.58. Piso 0 do silo (Fonte: Autor).

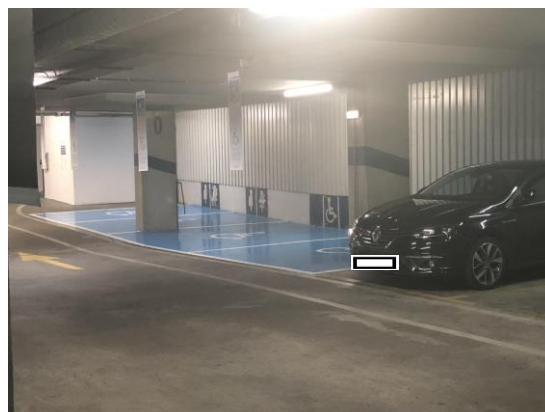


Figura 3.59. Quatro dos 8 lugares reservados para automóveis com dístico de deficiência (Fonte: Autor).

Somando a totalidade dos lugares presentes em cada andar, conclui-se que este silo tem uma capacidade total para o estacionamento de 371 veículos.

A partir do dia 14 de agosto de 2023, tendo em conta o novo plano de mobilidade na cidade, a entrada passou a ser taxada.

De referir também que o silo da Praça do Município possui piso 1. Este piso, contudo, está isolado dos restantes e a sua utilização é exclusiva para trabalhadores da Câmara Municipal da Covilhã. Conta com a sua entrada e saída de veículos na Rua Capitão Alves Roçadas, assim como representado na Figura 3.60. Este espaço tem capacidade para 34 veículos e possui um acesso a pedestres que o liga diretamente à rotunda do Pelourinho.



Figura 3.60. Entrada para o piso 1 que é destinado ao estacionamento de veículos de trabalhadores da Câmara da Covilhã (Fonte: Autor).

Devido a este piso estar isolado dos demais e a sua utilização não contemplar o acesso a veículos que não os de trabalhadores da Câmara, o mesmo não será tido em conta aquando das propostas que se seguem e que serão explicadas no próximo capítulo.

3.7. Sumário e Conclusões

A Covilhã é sem dúvida uma cidade com características únicas em Portugal. O facto da sua topografia e inclinação média serem bastante acentuadas (principalmente na zona histórica), faz com que circular na cidade seja um desafio, por vezes, bastante árduo.

As ruas que dão acesso ao Pelourinho, centro histórico da Covilhã e zona de bastante afluência, sofrem de problemas graves de falta de estacionamento. Isto resulta em que seja bastante recorrente assistir-se, várias vezes ao dia, à imobilização incorreta de viaturas, principalmente nas vias que dão acesso a esta área. Existem uma série de espaços, como os três silos presentes na zona histórica, que podem constituir uma boa solução para os desafios que esta zona enfrenta. No entanto, verifica-se um claro desconhecimento, por parte da população em geral, do modo de funcionamento e da quantidade de lugares disponíveis no interior dos mesmos.

O novo plano de mobilidade, que entrou em curso este presente ano, vai modificar o plano de estacionamentos na cidade, porém, estas alterações não serão suficientes para solucionar os problemas que se verificam.

Capítulo 4

4. Proposta de Ideias e Possíveis Soluções

4.1. Implementação de Sensores em Parques de Estacionamento Municipais

4.1.1. Proposta para a modernização dos casos de estudo

O grande objetivo do desenho da proposta que irá ser descrita ao longo deste capítulo é o de responder a uma série de problemas que se verificam na zona mais antiga da cidade da Covilhã, aquando da situação dos estacionamento. A informação descrita nos próximos parágrafos, que retratam os problemas existentes, foi fruto da fala com os habitantes desta zona e também de acordo com a minha própria experiência. Alguns destes problemas incluem:

- Falta de informação sobre a existência dos silos auto nesta zona da cidade e do seu funcionamento- É comum, principalmente no que toca a visitantes e turistas, verificar-se um desconhecimento das oportunidades de estacionamento, como os silos. Isto resulta em que estes condutores percam tempo à procura de espaços para imobilizar os seus veículos. Este problema é ainda mais grave na zona histórica da cidade, já que, quando comparada com a parte mais recente, a mesma possui menos espaços de estacionamento exteriores e também ruas mais estreitas, onde o congestionamento nas mesmas é relativamente comum. Por outro lado, mesmo as pessoas que estão a par da existência dos silos auto na cidade, revelam, por vezes, um certo desconhecimento em relação ao seu funcionamento. Por exemplo, em qualquer dia da semana e a qualquer hora, os primeiros 30 minutos de estacionamento no interior do silo da Praça do Município são, agora, gratuitos. E futuramente, este facto irá, tudo indica, verificar-se para os três parques presentes nesta zona. Isto pode ser uma boa solução para pessoas que apenas precisem de tratar de assuntos rápidos nas imediações dos mesmos.

Neste sentido, é importante que se invista na informação que é disponibilizada aos condutores. Podem ser afixadas placas, à entrada dos silos ou em zonas de grande afluência, que identifiquem geograficamente estes espaços assim como o seu funcionamento, realçando principalmente a gratuidade da primeira meia-hora de utilização.

- Falta de informação da disponibilidade (ou não) de lugares vagos e do número destes em cada um dos silos- A única informação que está presente à entrada dos silos, e que é visível do exterior dos mesmos, é a placa que sinaliza o parque e uma representação na parte inferior da mesma que indica as palavras ‘LIVRE’ ou ‘COMPLETO’ (Figura 4.1), consoante o silo tem lugares disponíveis ou não, respetivamente. Contudo, estas sinalizações raramente refletem corretamente a situação, já que muitas das vezes podemos encontrar a placa a disponibilizar a informação conforme o parque está ‘LIVRE’ porém, na realidade, este encontra-se lotado. Adicionalmente, e mesmo nos casos em que as informações refletidas no *display* estejam corretas, estas não permitem aos condutores ter a noção de quantos lugares se encontram livres.

Assim como referido anteriormente, algumas das incongruências (aquando da palavra representada nas placas não corresponder à situação real nos silos) podem dever-se a falhas no sistema de contabilização de carros que entram e saem do silo ou, porventura, ao próprio erro humano de quem está responsável pelo funcionamento destes espaços.

Através de um sistema automático de contabilização de veículos presentes no interior dos parques, seria possível apresentar, em tempo real, uma informação do número de lugares totais disponíveis para estacionamento de veículos, o que resultaria numa comunicação mais concreta e precisa aos condutores que os pretendam utilizar.



Figura 4.1. Sinalização atual dos silos auto presentes na zona histórica da Covilhã (Extraído de [57]).

- Criação de filas e embaraço no trânsito fruto de condutores procurarem, por extensos períodos de tempo, um local onde imobilizar os seus veículos- Nesta zona da cidade, onde as ruas são estreitas, os lugares de estacionamento são escassos, e a topografia é inclinada, a formação de filas é já, por si só, bastante recorrente. A existência de condutores a percorrerem estas áreas com o objetivo

da imobilização dos seus veículos, faz com que estes circulem nas vias de forma lenta e agravem ainda mais o problema descrito. Este problema advém diretamente da questão referida anteriormente, da falta de informação acerca da existência, localização e modo de funcionamento dos silos presentes nesta parte da cidade.

Deste modo, uma aposta na sensibilização e um incentivo aos condutores para o uso dos silos pode, de certa forma, ajudar a aliviar alguns destes fatores e evitar problemas, como a criação de filas e embaraço no trânsito.

- Veículos mal-estacionados nas redondezas do centro, que dificultam a circulação nesta área- As ruas que dão acesso ao Pelourinho, ou o centro da zona histórica da cidade, sofrem, assim como descrito no Capítulo 3, de vários problemas de congestionamento derivado à imobilização incorreta de veículos. Novamente, estas imobilizações são, muitas das vezes, fruto de um desconhecimento das oportunidades existentes nas redondezas, e provocam situações que afetam o dia-a-dia de quem trabalha e se desloca pela cidade.

Além de todos estes problemas que existem a nível da Covilhã, é também possível pensar numa escala nacional e até global. Neste sentido, a falta de informação e o desconhecimento por parte dos condutores do funcionamento dos espaços à sua volta, faz com que sejam gastos desnecessariamente recursos como combustível e, fruto disso, sejam libertados para a atmosfera gases poluentes que agravam ainda mais situações como o aquecimento global e a destruição da camada de ozono.

Com a intenção de modernizar o funcionamento dos silos que se encontram na zona histórica da Covilhã, e de proporcionar aos seus utilizadores respostas mais eficientes no que toca ao número de lugares disponíveis em cada um deles a qualquer momento, é necessária a elaboração de um sistema, à base de sensores, que permita a contabilização da quantidade de veículos presentes no interior dos mesmos. O funcionamento deste sistema irá consistir na colocação de sensores no interior dos silos, de forma a estes conseguirem detetar as vagas livres em cada um dos parques. Consoante o número total de lugares existentes em cada silo (por exemplo 30 no caso do silo do Mercado Municipal, já que cinco são reservados a trabalhadores do *call center*, que funciona no último piso do edifício), irá ser colocado, preferencialmente no teto dos parques, um sensor em cima de cada respetivo lugar. O sensor, ao detetar a presença de um veículo lá estacionado, irá sinalizar esse lugar como ocupado e transmitir esta informação ao sistema. Desta forma, é possível apresentar num *display*

a quantidade de lugares disponíveis em tempo real. Também seria possível a colocação de apenas um sensor em cada entrada e saída dos silos, contudo, este sistema, ainda que menos dispendioso, não iria providenciar resultados tão específicos e precisos para aquilo que é pretendido. Neste último caso poderia acontecer que, por exemplo, uma viatura já estivesse a percorrer o caminho para a saída do parque, mas por esta não ter passado ainda pela cancela de saída, onde estaria colocado o sensor, o *display* que representa o número de vagas livres, ainda não tivesse atualizado no sentido de representar esta vaga como já não estando ocupada. Este tipo de incongruências faz com que esta última ideia não seja tão fiável como a que será apresentada mais adiante, que conta com vários sensores destinados a monitorizar cada um dos lugares, individualmente.

Posteriormente, a informação, que representa o número de vagas livres em cada um dos parques de estacionamento, assim como já foi referido, poderá ser disponibilizada tanto à entrada dos silos, como exemplificado na Figura 4.2 (de forma a ser visível no exterior dos mesmos e onde hoje em dia se localizam as placas que indicam o ‘P’, que representa a existência de um parque de estacionamento), e também em áreas de grande afluência e passagem de veículos, como por exemplo no Pelourinho ou no Largo da Garagem de São João de Malta. Neste último caso, em espaços centrais e de grande movimento de viaturas, as placas poderiam contemplar a apresentação da informação do número de lugares disponíveis nos três silos desta zona da cidade (Figura 4.3).



Figura 4.2. Exemplo de uma possível representação da placa que sinaliza um silo, de forma a contemplar a informação do número de lugares disponíveis no seu interior (Fonte: Autor).

Resumidamente, a proposta é a de disponibilizar o número de vagas no respetivo silo, onde hoje se localizam as placas com a letra ‘P’ e a sinalização de ‘LIVRE’. Adicionalmente, poderão ainda ser instaladas placas com a representação dos três silos existentes na zona e que apresentem também, para cada um destes espaços, a informação acerca do número de lugares disponíveis.

Na Figura 4.3 é possível observar um exemplo de como poderia ser o *design* destas placas, descritas no parágrafo anterior.

ZONA HISTÓRICA DA COVILHÃ		LUGARES DISPONÍVEIS
	SILO AUTO DA PRAÇA DO MUNÍCIPIO	8.8.8.
	SILO AUTO DO SPORTING SHOPPING	8.8.8.
	SILO AUTO DO MERCADO MUNICIPAL	8.8.8.

Figura 4.3. Possível *design* para uma placa que represente o número de lugares disponíveis nos três silos da zona histórica da Covilhã, a ser colocada em espaços estratégicos e centrais (Fonte: Autor).

É também possível, ainda que não seja abordado neste relatório, a contemplação do acesso a este tipo de dados a partir de uma aplicação para telemóvel ou até mesmo no *site* da Câmara Municipal da Covilhã. Adicionalmente, seria interessante complementar esta solução com uma possível distinção, e posterior disponibilização destes resultados ao público, entre lugares ‘normais’ e lugares reservados para pessoas portadoras de deficiência ou até pessoas com mobilidade reduzida (onde se podem incluir idosos).

De referir que um dos objetivos da arquitetura do sistema de contabilização dos lugares livres em cada silo, é que o mesmo não seja demasiado dispendioso aquando da sua montagem e possível aplicação aos diferentes casos de estudo. É também importante mencionar que a formulação do protótipo, que irá ser descrita e analisada no próximo subcapítulo, pretende que este possa ser aplicado a qualquer outro caso independente dos três que são estudados neste documento.

Por último, e de forma a incentivar ainda mais os condutores à utilização dos parques na cidade, seria também interessante existir uma série de benefícios aos mesmos, de

forma a haver uma gamificação aquando do uso destes espaços. Gamificar a experiência do utilizador poderia vir na forma da acumulação de ‘créditos’ à medida que se usufrui destes espaços. Estes ‘créditos’ poderiam ser posteriormente utilizados para a obtenção de descontos na próxima utilização do parque. A difusão de uma solução deste tipo, assim como as vantagens que poderão beneficiar os condutores, seria um passo fundamental para que a mesma pudesse ganhar terreno e notoriedade. A publicitação das propostas descritas anteriormente poderá ser efetuada na forma de placares informativos, colocados em zonas centrais da cidade, ou até mesmo de forma digital, onde os detalhes destas mesmas propostas podem estar disponíveis para serem consultados através da Internet.

4.1.2. Materiais utilizados e arquitetura do sistema

A esquematização e arquitetura de um sistema deste tipo terá obrigatoriamente que incluir certo tipo de materiais. No caso descrito neste relatório, a escolha destes materiais foi efetuada de forma a manter o custo do protótipo relativamente baixo, com o objetivo de que esta montagem, ou derivações da mesma, possam facilmente ser replicadas noutras situações e contextos.

Plataforma Eletrónica:

É fundamental, para a finalidade que se pretende com a elaboração deste sistema, a inclusão de uma plataforma eletrónica que permita fazer a programação de uma série de sensores e aparelhos, de forma a obter os resultados pretendidos. No mercado existem várias alternativas para a escolha de uma destas plataformas de programação. Pode afirmar-se que as duas mais populares e utilizadas em projetos deste tipo são: o ‘Arduino’ e o ‘Raspberry Pi’. Ambos, representados na Figura 4.4, possuem as suas vantagens e os seus defeitos, e devem ser escolhidos com base nos requerimentos de um determinado projeto [58].

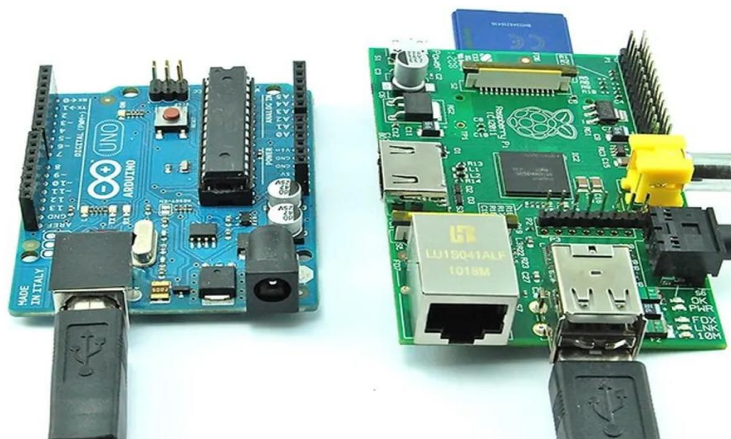


Figura 4.4. As plataformas Arduino (à esquerda) e Raspberry Pi (à direita) (Extraído de [65]).

Enquanto que o Raspberry Pi se pode considerar um pequeno computador, capaz de realizar tarefas como programar ou acessar a Internet, o Arduino é descrito como uma plataforma de prototipagem eletrônica. Esta plataforma, ainda que mais simples e básica, quando comparada com o Raspberry Pi, é ideal para projetos que envolvam sensores, automação, robótica e outras aplicações interativas [58, 59]. Em geral, o Arduino é mais acessível, em termos monetários, que o Raspberry Pi. Isto deve-se ao facto de o Raspberry Pi ser uma placa mais complexa e potente que o Arduino [58]. De forma a melhor compreender estas duas tecnologias, podemos focar a comparação em diversas categorias-chave, como se apresenta na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Tabela que resume e compara, segundo diversas categorias-chave, as plataformas Arduino e Raspberry Pi (Extraído de [58, 59, 60]).

Categorias	Arduino	Raspberry Pi
Propósito	Plataforma de prototipagem eletrônica voltada para projetos que envolvem interação com o mundo físico, como sensores, atuadores e automação [58].	Computador de placa única que pode executar um sistema operacional completo. É mais adequado para projetos que envolvem computação geral e aplicações [58].
Hardware	Possui um microcontrolador como seu cérebro principal. Tem uma variedade de pinos de entrada/saída (GPIO) que permitem a conexão direta com componentes eletrônicos externos [58, 59].	Computador com um processador mais poderoso, memória RAM e armazenamento. Além disso, possui portas USB, HDMI, <i>Ethernet</i> , <i>WiFi</i> e <i>Bluetooth</i> , tornando-o mais versátil para conexão com periféricos e redes [58, 60].
Programação	É feita numa linguagem baseada em C/C++, usando a IDE do Arduino. O código é compilado e carregado diretamente no microcontrolador [58, 59].	Pode ser programado em várias linguagens, incluindo <i>Python</i> , C/C++, <i>Java</i> e outras, devido à sua natureza de computador completo [58, 60].
Consumo de Energia	Consome muito menos energia em comparação com o Raspberry Pi, tornando-o mais adequado para projetos com restrições de energia [58, 59].	Devido ao seu processador mais potente e recursos adicionais, o Raspberry Pi consome mais energia em comparação com o Arduino [58, 60].
Complexidade do Projeto	Projetos com Arduino tendem a ser mais simples e diretos, especialmente para interações físicas e controlo de sensores e atuadores [58].	O Raspberry Pi pode lidar com projetos mais complexos que requerem computação mais avançada, <i>interface</i> gráfica e recursos de rede [58].

Em resumo e através da comparação de ambas as plataformas, o Arduino é mais adequado para projetos de eletrônica interativos e controlo de *hardware*, enquanto que o Raspberry Pi é ideal para projetos que requerem mais poder de processamento, sistemas operacionais completos e tarefas de computação geral [58]. A escolha entre os dois aparelhos depende do objetivo específico do projeto e dos requisitos de *hardware* e *software*. Em alguns casos, os dois aparelhos podem ser usados juntos para aproveitar o melhor de ambas as abordagens.

Para este projeto, contudo, e de forma a manter o custo do mesmo mais acessível, será utilizado o Arduino. Para os resultados que se pretendem, este último tem o poder e capacidade suficiente para corresponder às expectativas. O tipo de Arduino utilizado será o Arduino Mega 2560 (Figura 4.5). Este aparelho é baseado no ATmega2560 e conta com 54 pinos de *input/output* digitais (dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM), 16 *inputs* analógicos, quatro UARTs, um oscilador de cristal de 16 MHz, uma entrada de alimentação, conexão USB, um *header* ICSP e um botão de *reset* [61].



Figura 4.5. Arduino Mega 2560 (Fonte: Autor).

Através da Tabela 4.2 é possível ver mais detalhadamente as especificações e características deste tipo de Arduino [61].

Tabela 4.2. Especificações técnicas da plataforma Arduino Mega 2560 (Extraído de [61]).

Microcontrolador	ATmega2560
Voltagem de Operação	5 V
Voltagem de <i>Input</i> (recomendado)	7-12 V
Voltagem de <i>Input</i> (limite)	6-20 V
Pinos digitais I/O	54 (com 15 que providenciam <i>output</i> PWM)
Pinos de <i>Input</i> Analógico	16
Corrente DC por pino I/O	20 mA
Corrente DC para pino de 3.3V	50 mA
Memória <i>Flash</i>	256 kB
SRAM	8 kB
EEPROM	4 kB
Velocidade de <i>Clock</i>	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Comprimento	101,52 mm
Largura	53,3 mm
Peso	3 g

Sensores:

Posteriormente, e de forma a conseguir detetar a presença de um automóvel num lugar de estacionamento, é necessário a implementação de sensores. Assim como no caso da plataforma de programação, existem, no mercado, uma panóplia de diferentes tipos de sensores com capacidade para efetuar o que é pretendido nesta montagem. No caso da arquitetura deste sistema, irão ser utilizados sensores ultrassónicos HC-SR04.

Este tipo de sensor emite sinais ultrassónicos que refletem no objeto a ser atingido e os retornam ao sensor, indicando a distância do alvo. É ideal para calcular, com precisão, objetos a distâncias entre 0,02 m e 4 m [63]. Pode também ser programado para, dentro destes intervalos, detetar somente objetos até uma determinada distância.

O HC-SR04, visível na Figura 4.6, é composto por um emissor e um recetor, possui também quatro pinos (VCC, *Trigger*, *Echo*, GND) para a medição [63].



Figura 4.6. Sensor HC-SR04 (Fonte: Autor).

A intenção é colocar estes sensores no teto dos parques e diretamente em cima de cada lugar de forma a estes conseguirem detetar a presença, ou não, de veículos. Desta forma, à medida que um veículo ocupa um dos lugares, o mesmo é detetado e a respetiva vaga é dada, no sistema, como ocupada.

De maneira a não existirem interferências aquando da passagem de peões no interior dos parques, o sensor terá de ser estrategicamente colocado, no teto e perpendicularmente alinhado com o ponto central do retângulo que delimita cada um dos lugares. Dado que a altura desde o teto até ao chão, nos três parques dos quais o sistema é desenhado para funcionar, é de cerca de 2,60 m e assumindo que, em média, um veículo tem uma altura de 1,40 m, o sensor pode ser programado para detetar um objeto a um ou mais metros do chão. Ao detetar objetos a esta altura. teremos então

que programar o sensor para conseguir identificar os automóveis a 1,60 m do teto (ou menos). De forma concisa, isto significa que qualquer objeto, neste caso um veículo, que esteja a uma distância igual ou inferior a 1,60 m do sensor, será detetado.

Contudo, e para fins demonstrativos, este valor será alterado aquando da programação do sistema que irá ser demonstrado mais adiante neste capítulo. Dado que esta montagem será feita a uma escala bastante menor do que no caso real, a distância à qual o sensor irá identificar um veículo (que irá ser representado por um carrinho de brincar) será de apenas alguns centímetros (10 cm).

Display (Visor):

O *display* é o visor onde irá ser apresentada a informação, à entrada de cada silo e bem visível do seu exterior, da quantidade de lugares disponíveis dentro dos espaços em questão. O mesmo pode ser um simples *display* de 7 segmentos com três dígitos (assim como ilustrado nas Figuras 4.2 e 4.3), pois no caso do silo do Sporting Shopping e do da Praça do Município, ambos têm no seu interior capacidade para mais de 99 lugares. No caso do silo do Mercado Municipal, o mesmo pode ser apenas de dois dígitos.

Assim como referido anteriormente, para fins práticos e de forma a montar apenas um esquema de representação do sistema, o *display* utilizado será relativamente pequeno. Aquando da montagem de um sistema deste tipo à escala real, os visores, de maneira a serem facilmente observáveis a distâncias de vários metros, terão de ter uma dimensão maior.

No caso da montagem de exemplo, será usado o *display* ERM1604SYG-1. A peça em si, representada na Figura 4.7, tem um comprimento de 87,00 mm e uma largura de 60,00 mm, tem 16 pinos e a parte do visor tem dimensões de 56,21 x 20,81 mm² [64]. O mesmo possui quatro linhas onde cabem 16 caracteres em cada uma [64]. Este módulo LCD apresenta uma cor de fundo verde fluorescente, cujo seu brilho pode ser regulado através de uma resistência variável, também incluída na montagem. Esta peça trabalha com voltagens de 3,3 V e 5 V [64].

Assim, para representar a informação pretendida, o LCD em questão é ideal, sendo que o mesmo é apenas uma representação a uma escala pequena daquilo que se pretende retratar a nível de uma possível montagem num caso real. No caso da arquitetura de um sistema num dos silos mencionados neste relatório, e assim como referido

anteriormente, o visor seria obrigatoriamente maior, sendo que as ligações poderiam ser as mesmas daquelas que irão ser demonstradas mais à frente neste capítulo.



Figura 4.7. *Display* LCD (ERMC1604SYG-1) (Fonte: Autor).

Placa de Montagem:

A Placa de Montagem é uma placa retangular feita de plástico. Este instrumento permite fazer uma série de ligações de modo a montar um circuito/protótipo. As ligações são feitas através do encaixe das pontas dos fios num dos muitos orifícios pequenos que constituem a placa.

A placa utilizada para este projeto será a MB-102 (Figura 4.8), que conta com 840 pontos de ligação. É pouco dispendiosa e relativamente comum para se fazerem este tipo de sistemas. Para este esquema serão necessárias duas unidades desta mesma placa.

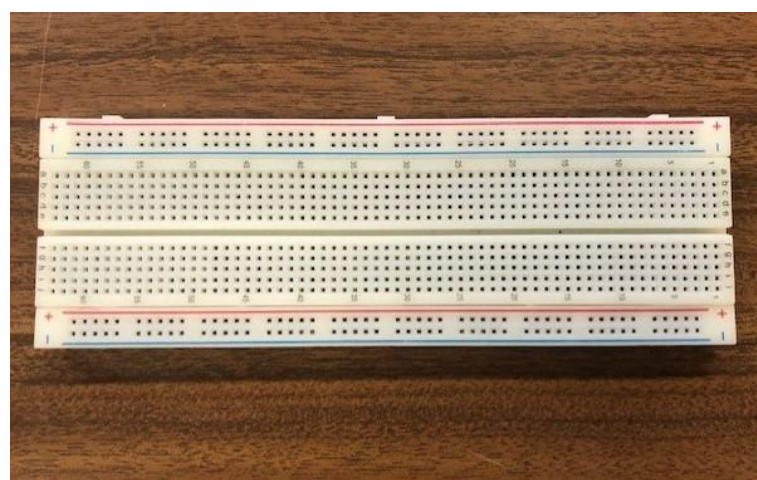


Figura 4.8. Placa de montagem MB-102 (Fonte: Autor).

A utilização de duas placas de montagem deve-se ao facto de que numa delas serão ligados dois sensores HC-SR04. Na outra será ligado também um destes sensores, assim como o visor e a resistência variável.

Resistência Variável: A Resistência Variável (Figura 4.9), ou Potenciômetro, é composta por três terminais (pinos) e possui um eixo rotativo que permite regular o valor da sua resistência elétrica. No caso da montagem elaborada, esta peça regula a luminosidade e brilho do ecrã do *display* LCD. A peça utilizada conta com um valor de resistência de 10 k Ω .



Figura 4.9. Resistência Variável utilizada na montagem (Fonte: Autor).

Fonte e Cabo de Alimentação:

A Fonte de Alimentação, que providencia a energia necessária para o funcionamento do Arduino e do sistema em si, pode ser um computador ou uma ligação a qualquer outra fonte elétrica. No caso da montagem elaborada, a mesma será conectada a um computador. O Cabo de Alimentação, representado na Figura 4.10, é composto por duas entradas. A entrada que se conecta diretamente no Arduino é USB tipo B, enquanto que a que é ligada à fonte de alimentação é USB tipo A. Este tipo de cabo, ideal para utilizar em Arduinos, é do tipo USB 2.0 *Male to Male*.



Figura 4.10. Cabo de Alimentação conectado ao Arduino, através da porta USB tipo B (Fonte: Autor).

Fios de ligação:

Os Fios de ligação, também conhecidos como *Jumper Wires*, ou Fios de ligação em Ponte, são utilizados para fazer as conexões entre o Arduino e as diversas peças que compõem o sistema. Na Figura 4.11 são visíveis alguns destes fios. Os mesmos são compostos por pontas sólidas que encaixam nos vários furos da placa de montagem. As cores ajudam a diferenciar os cabos, de modo a que sejam mais facilmente identificados aquando da efetuação das ligações. São compostos por cobre, um metal com boas propriedades de condutividade.

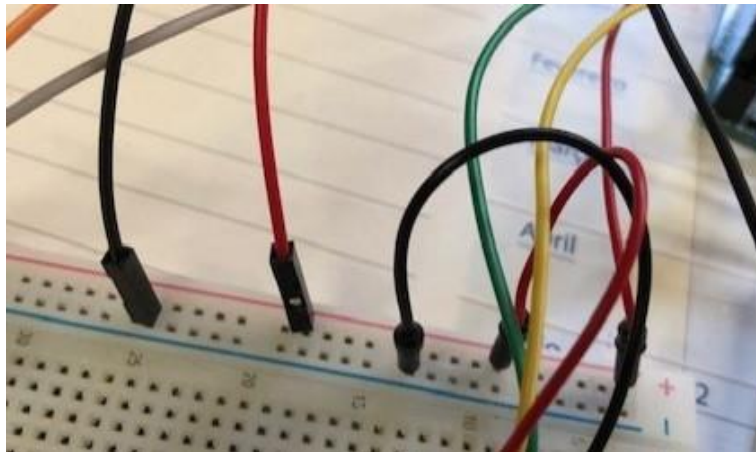


Figura 4.11. Fios de ligação utilizados na montagem (Fonte: Autor).

Arquitetura do Sistema

Os materiais descritos anteriormente irão fazer parte da arquitetura do sistema que irá representar, a uma escala mais reduzida, o protótipo que se pretende montar com o objetivo de controlar as vagas, em tempo real, no interior de cada um dos silos presentes na zona histórica da Covilhã. Para fins práticos, foi elaborada apenas uma montagem, que é universal e pode ser usada em qualquer um dos casos de estudo deste documento. A montagem, representada na Figura 4.12, conta com a utilização de três sensores do tipo HC-SR04, que representam a colocação de cada um destes em três lugares de estacionamento diferentes.

O sistema representado a seguir fará então a simulação para apenas três lugares e, consoante a disponibilidade dos mesmos, será apresentada a informação no *display* do número de ‘Vagas Livres’ (‘Vagas livr.’) e de ‘Vagas Ocupadas’ (‘Vagas ocup.’). Se os sensores não detetarem nenhum veículo, o *display* irá apresentar no seu visor a seguinte mensagem: ‘Vagas livr.= 3; Vagas ocup.= 0’. Se um, dois, ou os três lugares estiverem ocupados, as mensagens apresentadas serão, respetivamente: ‘Vagas livr.= 2; Vagas ocup.= 1’, ‘Vagas livr.= 1; Vagas ocup.=2’ e ‘Vagas livr.= 0; Vagas ocup.=3’.

Desta forma, o sistema apresentado na Figura 4.12, pode ser utilizado para representar cada um dos três parques descritos nesta dissertação. A única diferença das respectivas montagens seria a quantidade de Arduinos que iriam ser necessários, assim como o número de sensores HCR-04 utilizados. De acordo com a capacidade total de cada silo, um destes sensores teria que ser instalado por cada lugar existente no seu interior. Assim, para o silo da Praça do Município, e já que seis dos lugares no seu interior são reservados para veículos da CMC, seriam necessários 365 sensores na totalidade. Seguindo a mesma lógica, seriam precisos 150 sensores para o silo do Sporting Shopping e 30 no caso do silo do Mercado Municipal (cinco dos 35 lugares são reservados a veículos de trabalhadores do *call center*), o mais pequeno dos três da zona histórica.

Segue-se então a arquitetura de montagem do sistema:

- O **Arduino** é alimentado através do cabo de alimentação, que é conectado a um computador.
- Uma das **Placas de Montagem** (a principal) serve como base para integrar o Arduino, o *display* LCD e um dos sensores ultrassônicos. Além disso, é também nesta placa que é montado o potenciômetro, que regula a luminosidade do LCD.
- A outra **Placa de Montagem** inclui dois dos três sensores ultrassônicos utilizados no sistema.
- O **Display**, além das conexões ao VCC e ao GND, é ligado ao Arduino através dos pinos 2, 3, 4, 5, 11 e 12 deste último.
- Os **Sensores ultrassônicos**, mais especificamente os pinos de *Trigger* e *Echo* de cada um, são ligados aos pinos 10, 13, 14, 15, 22 e 23 do Arduino (duas ligações por sensor utilizado). Cada sensor está também ligado ao GND e VCC.

Após as explicações da cada uma das ligações entre os componentes da montagem, apresenta-se na Figura 3.12 imagem do mesmo:

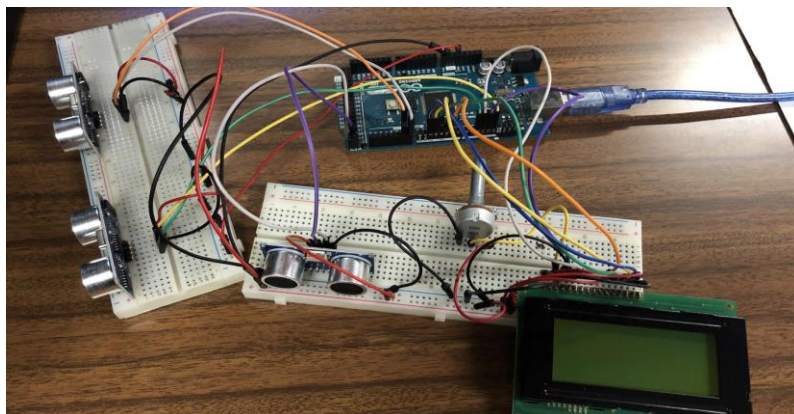


Figura 4.12. Imagem representativa da montagem do sistema para três vagas de estacionamento (Fonte: Autor).

Na Figura 4.13 pode ser visualizado, a uma pequena escala, o resultado pretendido aquando do estacionamento de um veículo (representado por um carro de brincar) num dos lugares do silo. O sensor, ao detetar a viatura, envia esse mesmo sinal para a plataforma do Arduino, que posteriormente, executa o comando que imprime, no LCD, a informação de que uma vaga se encontra ocupada.

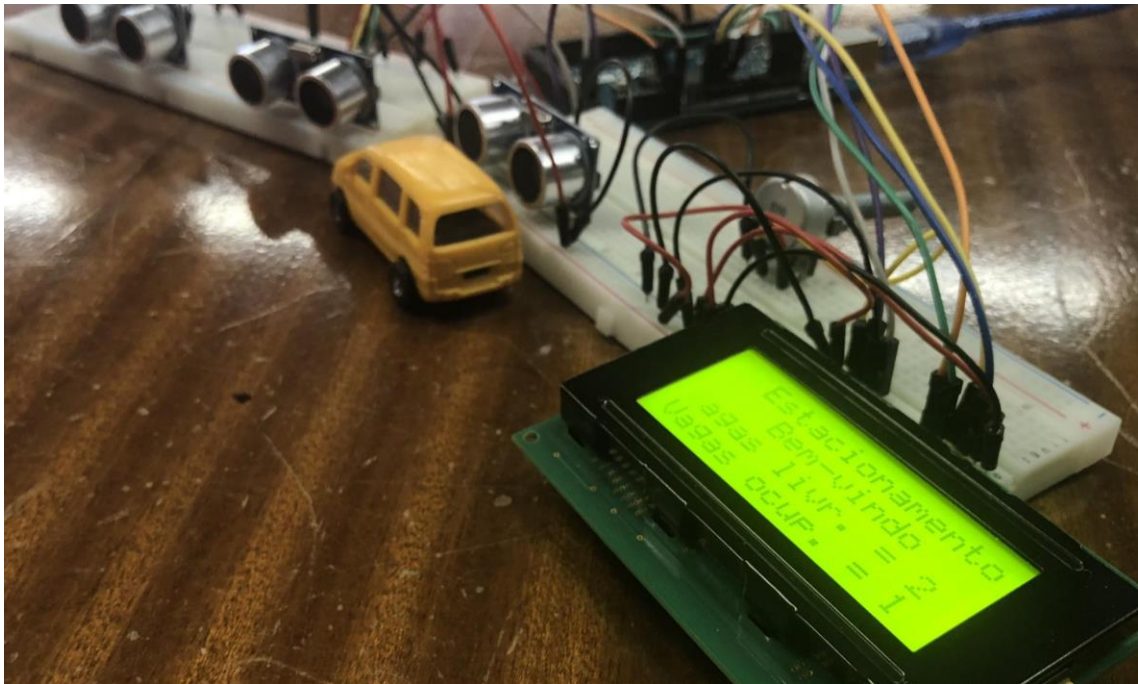


Figura 4.13. Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema aquando do estacionamento de um veículo (Fonte: Autor).

No caso de existirem dois carros estacionados, a informação apresentada no visor é apresentada na Figura 4.14.

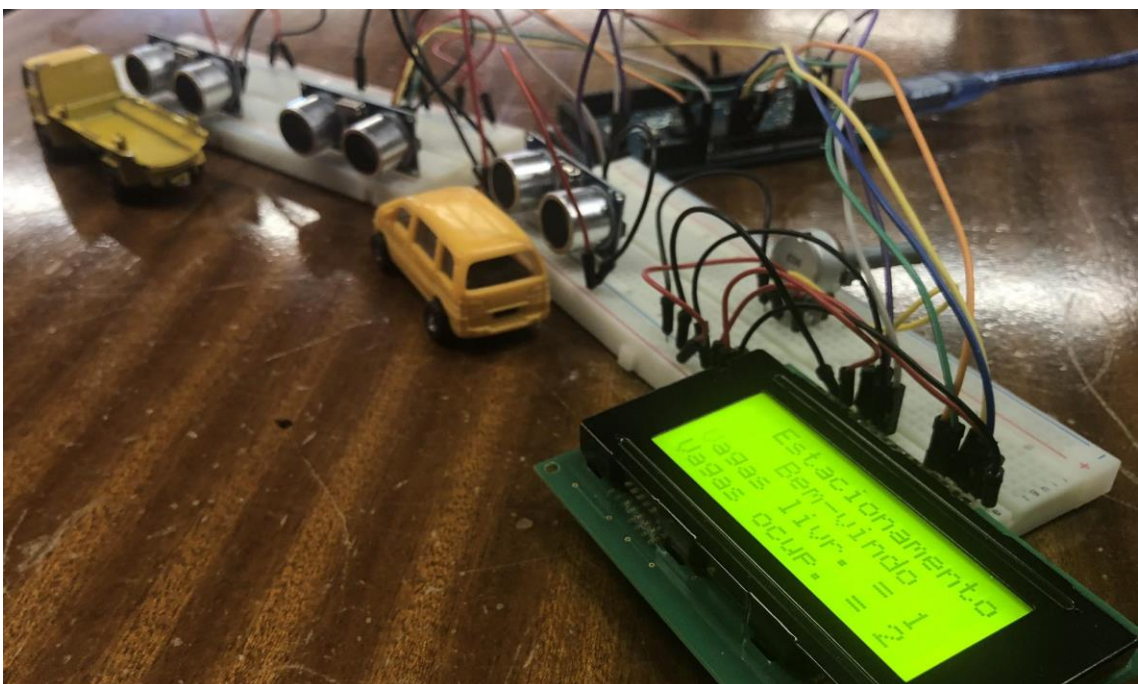


Figura 4.14. Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema aquando do estacionamento de dois veículos (Fonte: Autor).

Seguindo a mesma lógica, e no caso de existirem três veículos a ocupar as três vagas de estacionamento do sistema montado, o *display* irá apresentar essa mesma informação, referindo que o número de vagas ocupadas é igual a '3' e que as vagas livres são '0', situação representada na Figura 4.15.

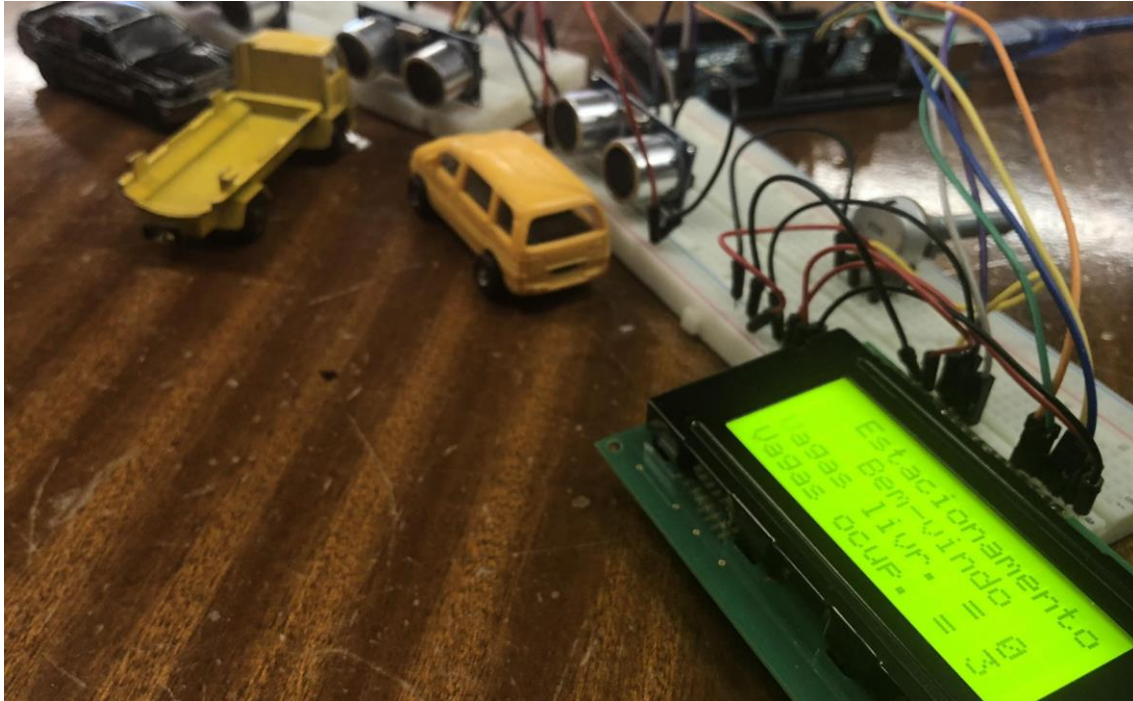


Figura 4.15. Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema quando do estacionamento de três veículos (Fonte: Autor).

Por último, se o parque se encontrar vazio e todos os lugares no seu interior (neste caso três) estiverem disponíveis, este será o resultado (o LCD informa os condutores de que os lugares estão todos livres, sendo que os ocupados equivalem a '0'):

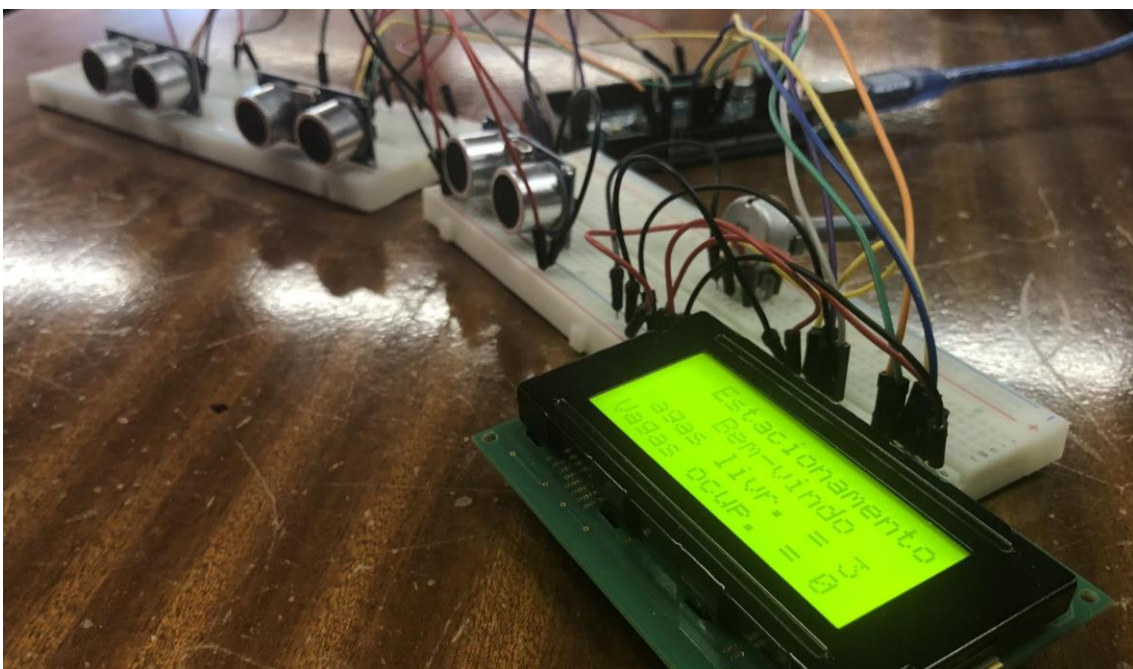


Figura 4.16. Representação, a uma pequena escala, do funcionamento do sistema quando nenhum dos três lugares se encontra ocupado (Fonte: Autor).

4.1.3. Programação do sistema

A programação do sistema descrito e visualizado no subcapítulo anterior encontra-se representada no final do documento, em Apêndice, já que é consideravelmente extensa. O código desta programação é escrito em linguagem C++. Este código foi elaborado para pôr em funcionamento a montagem apresentada na Figura 4.12, sendo que o mesmo foi baseado num código já existente e disponível na Internet [73]. Este, escrito por ‘Arduino e Cia’, contempla a utilização de *leds*, verdes e vermelhos, consoante cada um dos lugares de estacionamento se encontra livre ou ocupado, respetivamente [73]. A ideia do uso de *leds* é interessante, mas, tendo em conta a arquitetura simples de cada parque estudado neste relatório, não faz sentido inclui-la neste projeto.

Dados como a distância à qual o sensor deve detetar um veículo, ou o número de lugares totais, irá ser distinta aquando da programação do sistema para um caso real como o dos silos da zona histórica. O valor desta distância (representado no código em centímetros) pode ser alterado na programação, mais concretamente na Linha 10, como se apresenta na Figura 4.17. A definição do número de sensores ultrassónicos utilizados é efetuada na linha anterior, ou seja, na Linha 9. Ambos estes critérios podem ser visualizados na seguinte imagem:

```
9  #define SONAR_NUM 3 // Define o numero de sensores
10 #define MAX_DISTANCE 10 // Distancia maxima
```

Figura 4.17. Parâmetros editáveis: número de sensores e distância à qual estes detetam um veículo (Extraído de [73]).

Assim como referido no ponto 4.1.2, o sensor, quando colocado no teto dos silos, deve detetar veículos a uma distância de 1,60 m ou menos. Isto significa que no código que represente uma montagem real, este valor deve ser alterado para 160.

Para a programação dos diferentes silos há também que ter em conta que estes variam em número de lugares. Desta forma, também no código deve ser modificado o parâmetro que representa o número total de vagas. Este, representado na Figura 4.18, deve ser ajustado conforme o número total de lugares no interior de um silo e, consequentemente, o número de sensores ultrassónicos utilizados.

```

23  int vagaslivres = 3;    //Contador de vagas livres
24  int vagasocupadas = 0; //Contador de vagas ocupadas
25  int sensor1 = 0;      //Contador de vagas no sensor1
26  int sensor2 = 0;      //Contador de vagas no sensor2
27  int sensor3 = 0;      //Contador de vagas no sensor3

```

Figura 4.18. Linhas de código que representam o número total de lugares e de sensores a utilizar (Extraído de [73]).

Como referido anteriormente, o restante do código da programação do sistema será representado em Apêndice (Apêndice 1).

Tendo já elaborado tanto o sistema que visa representar o número de lugares vagos em cada silo, como a programação do mesmo, é importante agora, através da implementação da base IoT, formular aquele que será o funcionamento das placas que apresentam a informação sobre os três silos. Para isto é necessário o módulo *WiFi*, que poderá também ser interligado no sistema, assim como a sua programação

4.1.4. Implementação das tecnologias IoT

A base IoT é fundamental para a representação do número de vagas em cada silo, à distância, como representado na placa ilustrada na Figura 4.3. Os resultados que irão ser visíveis na mesma provêm do funcionamento dos três sistemas (um para cada silo), baseados na estrutura montada no subcapítulo 4.1.2. Através de uma rede *wireless* (sem fios), como é o caso do IoT, será transferida a informação proveniente de cada um dos silos para os visores representados na placa. Ou seja, os resultados obtidos de cada um dos sistemas de contabilização de veículos nos parques, assim como a sua representação à entrada dos mesmos, não dependem necessariamente da implementação do módulo de comunicação sem fios. Contudo, se pretendemos transmitir estes resultados à distância, e posteriormente representá-los numa placa de informação ou até numa aplicação para *smartphone*, é fundamental que se incorpore um aparelho que permita fazer uma ligação de modo a partilhar estes dados.

Desta forma, a elaboração de outro sistema, no qual se inclui um módulo *WiFi*, irá possibilitar que os números representados à entrada de cada parque possam ser acessados também através de outros meios. Este aparelho irá ler a informação proveniente de cada uma das montagens e irá, através da Internet, comunicar e partilhar os dados entre as diferentes plataformas.

O módulo utilizado será o ESP8266 (ESP-01) (Figura 4.19). Este módulo permite ao Arduino ter acesso à rede *WiFi* de forma pouco dispendiosa e atua como um pequeno

computador [66]. O dispositivo é bastante versátil, pode ter até 9 GPIOs e tem a capacidade, ele mesmo, de atuar como um microcontrolador [66]. Pode também ser programado para trabalhar como um ‘Ponto de Acesso’, ou *Access Point* (AP), ou como uma ‘Estação’ (*Station*), o que lhe permite enviar ou receber dados [67].

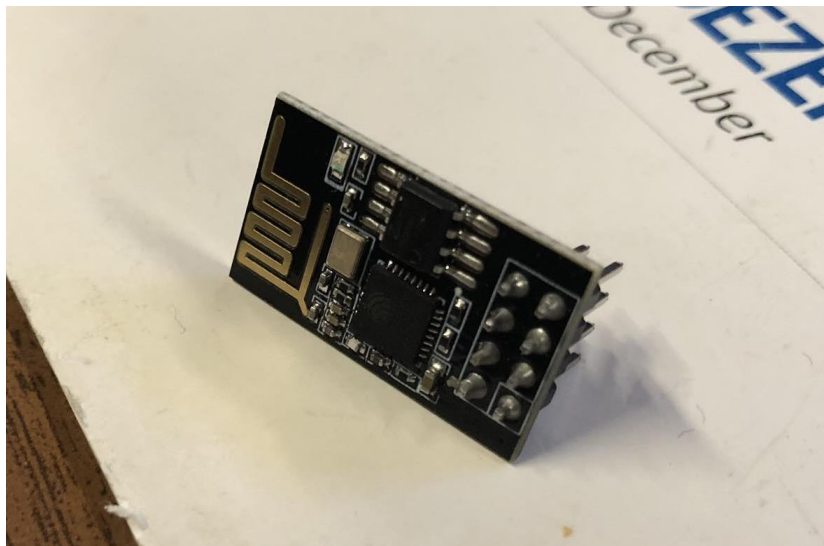


Figura 4.19. Módulo ESP8266 (ESP-01) (Fonte: Autor).

De uma forma mais detalhada, é possível observar as especificações técnicas deste aparelho na seguinte tabela [67]:

Tabela 4.3. Especificações técnicas do módulo ESP8266 (ESP-01) (Extraído de [67]).

Módulo	ESP8266 (ESP-01)
Chip	ESP8266
Modelo	ESP-01
Tensão de Operação	3,3 V
Suporte às redes	802.11 b/g/n
Alcance	≈90 m
Comunicação	Serial (TX/RX)
Comunicação suportada	TCP e UDP
Conectores	GPIO, I2C, SPI, UART, Entrada ADC, Saída PWM e Sensor de Temperatura interno
Modo de segurança	OPEN/WEP/WPA_PSK/WPA2_PSK/WPA_WPA2_PSK
Dimensões	25 x 14 x 1 mm ³
Peso	7 g

No fundo, o que o módulo *wireless* vai fazer é estabelecer uma comunicação com todos os Arduinos utilizados no caso de uma montagem real. Isto é, as informações contidas

nos Arduinos, como o número de vagas ocupadas e livres em cada um dos silos, serão comunicadas, através da Internet, ao módulo *WiFi*. Desta forma, é possível apresentar, em tempo real, todos estes dados provenientes das leituras que os Arduinos vão fazendo em cada parque de estacionamento. Assim, e tendo em conta que é pretendida a disponibilização destes números (vagas livres e ocupadas em cada silo) em placas colocadas nas zonas centrais da parte antiga da cidade, é possível aos condutores terem acesso a este tipo de dados sem se encontrarem necessariamente perto destes espaços.

A Internet das Coisas é uma tecnologia relativamente recente, ainda assim as possibilidades que a mesma oferece são bastante interessantes. Tal como referido ainda neste subcapítulo, uma proposta futura inclui também a possibilidade das informações provenientes dos parques poderem ser acessadas através de uma aplicação para telemóvel ou num *site* de Internet. Esta ideia poderá ser um passo importante para aproximar cada vez mais a cidade da Covilhã a uma *Smart city* moderna, dinâmica e interativa. Neste relatório, contudo, o que será exposto é uma ideia geral de como o aparelho em causa, o ESP8266 (ESP-01), assim como as suas capacidades, podem ser utilizadas de modo a estabelecer uma comunicação à distância das informações recolhidas em cada um dos três parques da zona histórica da Covilhã.

Em laboratório foi elaborado um circuito que inclui o módulo ESP8266 (ESP-01) e outro Arduino Mega 2560. O que se pretende nesta montagem é exemplificar aquilo que pode ser, de uma forma básica, a inclusão do módulo no sistema para que este receba dados e, posteriormente, os represente em placas de informação, ou aplicações para telemóvel, com acesso através da Internet. Assim como referido aquando da descrição do módulo, o mesmo pode funcionar como Ponto de Acesso (responsável por gerir toda a rede, fornecer endereços IP, conectar ou desconectar estações) ou como Estação. A ‘Estação’ pode ser denominada também por ‘*Webserver*’. De modo a trocar informações à distância utilizando este aparelho, são necessárias pelo menos duas unidades. Uma delas irá assumir o papel de *Client* e a outra de *Webserver* (vai receber os comandos de ESP8266 que estiver a funcionar em modo *Client*). A montagem elaborada pode servir cada um dos propósitos descritos. Além disso, a mesma possui um pórtilo USB-C que permite que o sistema seja conectado (através de um fio) diretamente a um outro Arduino, a um computador, ou até a um telemóvel. De qualquer forma, a ligação por este pórtilo não é uma prioridade, mas sim uma outra opção e alternativa, já que o módulo permite, a partir da Internet, estabelecer ligações com os elementos descritos anteriormente, à distância. O ESP6266 (ESP-01) permite a troca de informações sem fios, já que o mesmo tem a capacidade de criar um endereço

IP. É através deste endereço que as trocas de dados são possibilitadas. Na Figura 4.20 é possível observar-se um exemplo de um circuito, à base da tecnologia IoT, e que permite enviar e receber sinais de forma remota.

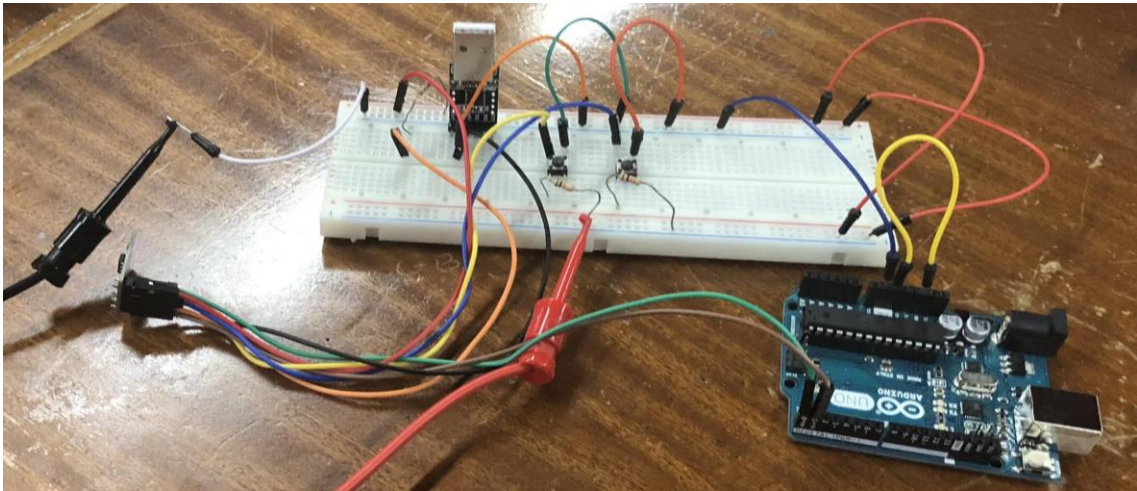


Figura 4.20. Circuito de exemplo para a implementação das tecnologias IoT (Fonte: Autor).

Tal como mencionado anteriormente, ainda neste subcapítulo, este circuito é uma base para a utilização e implementação das tecnologias IoT de modo a representar o que se pretende fazer aquando da disponibilização de informações sobre os silos em tempo real. Deste modo, e tendo em conta que a própria tecnologia utilizada é ainda relativamente recente, é importante, em termos de possíveis trabalhos futuros, que exista da minha parte, um estudo ainda mais aprofundado sobre a mesma e sobre as suas possibilidades.

4.2. Motivação para a Priorização de Veículos Não-Poluentes

De forma a modernizar ainda mais os silos presentes na zona histórica da Covilhã, poderiam ser contempladas uma série de medidas que incentivassem, aos condutores de veículos elétricos, a utilização destes mesmos espaços. Os veículos não-poluentes são uma alternativa mais ecológica aos veículos de combustão e, desta forma, deve ser promovida a sua adoção através de benefícios aos seus utilizadores. A uma escala global, já são vários os incentivos para a compra deste tipo de automóveis, tal como referido no Capítulo 2. Contudo, também a nível local é fundamental existirem benefícios para os condutores que optam pela condução destes automóveis.

Desta forma, e com o objetivo de transformar de uma maneira positiva a experiência proporcionada aquando da utilização dos silos presentes na zona histórica, serão mencionadas algumas propostas, já em vigor noutros contextos, que se poderiam aplicar aos casos de estudo desta dissertação:

- Disponibilização de postos de carregamento no interior dos parques- Atualmente, nenhum dos três silos estudados neste relatório apresenta, no seu interior, qualquer posto de carregamento para veículos elétricos. Além disso e tal como referido no Capítulo 3, nas imediações dos mesmos, o único posto de carregamento disponível aos condutores deste tipo de veículos está localizado na Rua António Augusto de Aguiar, e tem apenas capacidade para o carregamento de dois automóveis ao mesmo tempo. Considerando que nos dias de hoje cada vez mais pessoas optam pela utilização de veículos não-poluentes, a presença de apenas um posto de carregamento nesta área da cidade é manifestamente insuficiente para satisfazer as necessidades da população e garantir um incentivo para a adoção deste tipo de alternativas.

Neste sentido, a instalação de postos de carregamento elétrico no interior dos silos pode oferecer vantagens tanto para os seus utilizadores, como também para a própria empresa que explora estes espaços, através de um retorno financeiro.

A implementação estratégica de postos de carregamento em parques de estacionamento é uma ideia que faz todo o sentido já que, nestes espaços, se prevê que um veículo fique estacionado por largos períodos de tempo [71]. Neste espaço temporal existe até uma oportunidade para que as baterias do veículo possam ser carregadas na sua totalidade. Desta forma, os parques de estacionamento que estejam munidos com esta infraestrutura podem constituir uma solução ideal para os utilizadores de veículos elétricos e influenciar ainda mais a adoção deste tipo de automóveis [71].

Como parte da agenda da União Europeia para incentivar a compra e o uso de veículos elétricos, o governo norueguês implementou uma série de medidas no país que visam beneficiar os condutores dos mesmos. Em 2016 deu-se início a uma campanha, neste país, em que o próprio governo deu o poder aos vários municípios para elaborarem as suas próprias leis e implementarem medidas no sentido de criar condições mais favoráveis e vantajosas aos utilizadores de veículos não-poluentes [70]. Em Oslo, por exemplo, à data de 2016, dos 6500 parques municipais de estacionamento, 1300 eram dedicados ao carregamento elétrico de veículos e equipados com postos de carregamento de 3600 kW [70]. Entre os anos de 2016 e 2019, a permanência e carregamento deste tipo de automóveis dentro dos parques era gratuita, sendo os gastos suportados pelo

município da capital [70]. Adicionalmente, a partir de 2016, todos os novos edifícios construídos no país e que contemplem o estacionamento de veículos, devem possuir infraestrutura adequada para o carregamento de viaturas elétricas [70].

Além destas medidas, muitas outras foram implementadas neste país, incluindo benefícios fiscais e até algumas vantagens na condução de veículos elétricos, como a permissão destes utilizarem faixas reservadas a autocarros ou outros veículos prioritários [70].

Desta forma, e através da implementação de uma série de garantias aos condutores, tem-se vindo a assistir, nos últimos anos, a um crescimento notório na aquisição de veículos elétricos na Noruega [72].

Medidas deste género, que garantem o acesso fácil e pouco dispendioso a postos de carregamento dentro de parques de estacionamento, podem ser chave para que, também em Portugal, se verifique um crescimento maior da compra de viaturas elétricas. Comparando o caso de Portugal ao caso norueguês, e apesar deste último ter praticamente metade da população do nosso país, é visível, através da interpretação do gráfico da Figura 4.21, que representa a compra de veículos elétricos nos últimos 8 anos na Noruega e em Portugal (em milhares de automóveis), respetivamente, uma enorme discrepância destes valores, sendo que os mesmos são claramente maiores na Noruega [72].

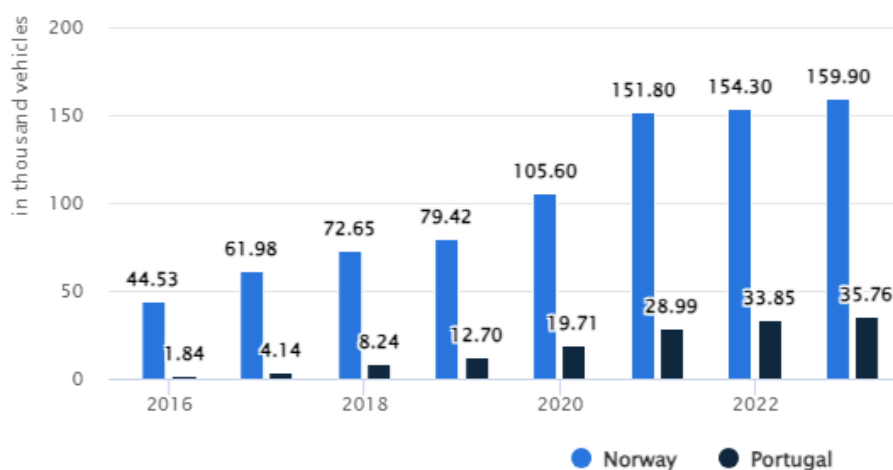


Figura 4.21. Gráfico que compara a compra de veículos elétricos (em milhares) na Noruega e em Portugal (Extraído de [72]).

Consequentemente, a Noruega é o país que lidera o ranking de número de veículos elétricos por cada 1000 habitantes, sendo que conta com mais do dobro do segundo classificado, a Islândia, como é visível no gráfico da Figura 4.22.

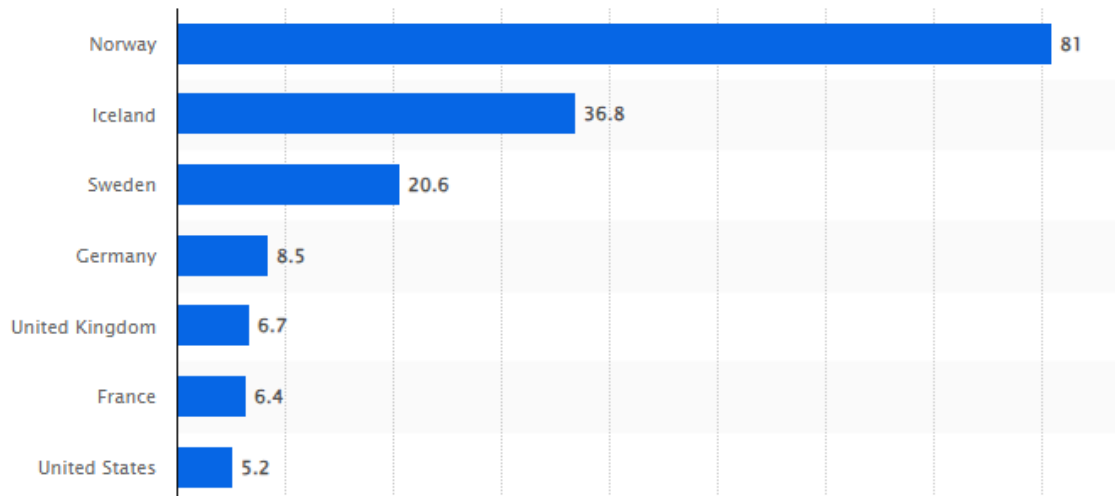


Figura 4.22. Gráfico do ranking de países com mais veículos elétricos a nível mundial, *per capita* (Extraído de [72]).

- Reserva de uma percentagem de lugares a veículos elétricos- A reserva de um determinado número de lugares dentro dos espaços dos silos a utilizadores de veículos não-poluentes, irá beneficiar quem opte pela adoção deste tipo de automóveis. Numa perspetiva geral, este tipo de medidas é importante para que se comece, cada vez mais, a efetuar uma transição para um futuro mais ecológico.

No caso dos silos presentes na zona histórica da Covilhã, e tendo em conta que os mesmos variam em termos de lugares existentes no seu interior, poderia ser adotada uma medida em que uma determinada percentagem dos lugares seriam reservados exclusivamente para o estacionamento de veículos elétricos.

Dados de 2022 apontam que apenas 2% dos portugueses possuem carros elétricos [62], isto significa que para haver um benefício para quem os utiliza, a reserva de 5% dos lugares de cada silo para automóveis deste tipo já seria algo bastante positivo. Esta medida iria também influenciar a que, no caso de existirem condutores que tenham tanto carros elétricos como a combustão, estes dessem prioridade ao uso dos primeiros já que lhes iria garantir benefícios aquando da procura por estacionamento. Desta forma, a posta em prática deste tipo de medidas a nível nacional ou até global iria ter uma influência direta e bastante significativa para a redução de gases poluentes para a atmosfera.

Medidas deste género já são uma realidade em casos como o da Noruega. Assim como referido no tópico anterior, este país da União Europeia vem apostando forte na criação de condições que incentivem a sua população a optar por veículos ecologicamente mais sustentáveis.

Uma das medidas implementadas a nível nacional em 2016, por parte do Ministério de Transportes da Noruega, é que um mínimo de 6% dos lugares para automóveis em edifícios ou parques de estacionamento seja reservado exclusivamente para viaturas elétricas [70].

No caso da Covilhã, e mais concretamente dos três silos presentes na zona histórica da cidade, a reserva de 5% do total de lugares (excluindo os lugares que já se encontram reservados a pessoas portadoras de deficiência, entre outros) a utilizadores de veículos elétricos iria resultar nos seguintes valores:

- Silo auto do Mercado Municipal: $29 * 0,05 = 1,45 \approx \mathbf{2}$
- Silo auto da Praça do Município: $357 * 0,05 = 17,85 \approx \mathbf{18}$
- Silo auto do Sporting Shopping: $145 * 0,05 = 7,25 \approx \mathbf{8}$

Através da reserva de 5% dos lugares disponíveis em cada um dos silos temos que no silo da Praça do Município, o maior dos três existentes, iriam existir 18 lugares reservados a veículos elétricos. No silo do Sporting Shopping este número seria de 8 (arredondamento para cima), e no caso do silo do Mercado seriam reservados apenas dois lugares para este tipo de viaturas.

- Descontos na utilização dos parques e/ou no carregamento dos veículos elétricos no interior dos mesmos- Tendo em conta que já existem vários incentivos por parte de organizações como a União Europeia no sentido de promover a adoção de veículos elétricos, as empresas que estão encarregues da exploração deste tipo de espaços, como os silos auto, poderiam estabelecer acordos com instituições governamentais, nacionais ou europeias, no sentido de beneficiar de algumas destas ajudas. Consequentemente, isto iria permitir a estas mesmas empresas fornecer, aos utilizadores de veículos não-poluentes, vantagens relacionadas com a entrada nos parques, através de descontos aquando da utilização dos mesmos, ou até a possibilidade de estas suportarem algum do custo relacionado com o carregamento das baterias dos veículos. Assim como referido anteriormente, ainda não existe nenhum posto de carregamento para veículos elétricos no interior dos espaços mencionados neste

relatório, contudo, se esta situação for alvo de mudança, seria algo de bastante positivo a oferta de descontos aquando dos seus carregamentos.

Na China, o que tem vindo a acontecer desde 2011, é a implementação, por parte do governo, de uma série de medidas, das quais uma é a gratuidade do estacionamento de veículos elétricos em parques de estacionamento, por períodos de uma a duas horas [69]. Uma medida deste tipo poderia ser também experimentada em Portugal de forma a incentivar os condutores a optarem cada vez mais por viaturas elétricas para se deslocarem pelas cidades. Além disso, o próprio valor do carregamento dos veículos é, em parte, suportado pelo governo chinês, o que significa uma vantagem para os utilizadores de automóveis elétricos em relação aos de combustão [69]. Outros benefícios incluem descontos na compra de veículos elétricos, redução ou até isenção em impostos e privilégios relacionados com a condução em estrada [68, 69].

Através do gráfico representado na Figura 4.23, e onde os números representam milhões de viaturas, é possível verificar que, através da implementação destas e de outras medidas no sentido de incentivar a compra e utilização de veículos elétricos, as vendas anuais deste tipo de viaturas têm vindo a crescer exponencialmente na China [72].

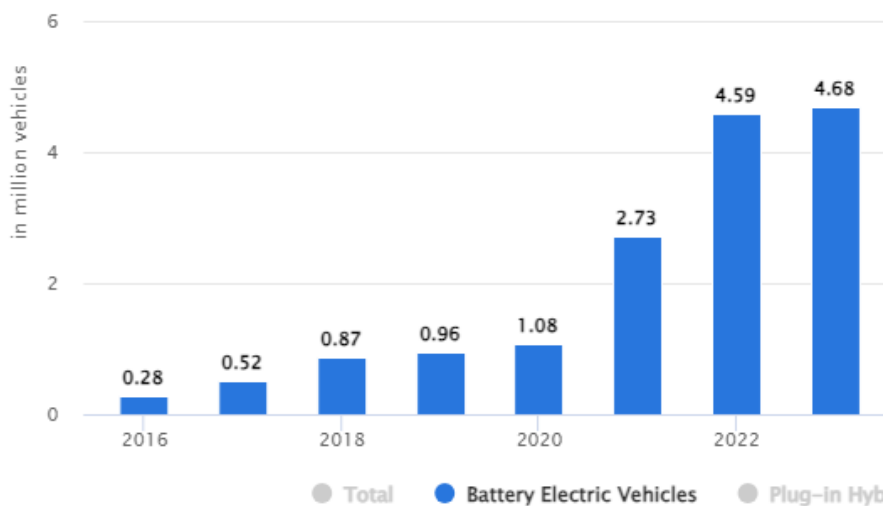


Figura 4.23. Gráfico que representa o número de veículos (em milhões) comprados anualmente na China (Extraído de [72]).

4.3. Lições Extraídas

É importante referir que as soluções práticas apresentadas neste capítulo são relativamente simples e pouco dispendiosas. Assim, estas ou derivações das mesmas, podem facilmente ser aplicadas a casos reais, de forma a solucionar problemas que se vivem nas cidades, como por exemplo na Covilhã. Ao informar os automobilistas do número exato de lugares disponíveis em cada um dos parques, a cada momento, é possível dar-lhes as ferramentas necessárias para que estes efetuem a melhor decisão aquando do estacionamento dos seus veículos. Este fator pode ser crucial para aliviar alguns dos problemas que se vivem, a nível de trânsito, nas cidades, nomeadamente cidades ibéricas de montanha.

De referir também, e tendo em conta que os veículos não-poluentes são uma boa solução ecológica, que é necessário que se criem condições, a nível da priorização dos mesmos em parques de estacionamento, para que estes sejam cada vez mais adotados.

Por último, foi efetuado da minha parte e dos meus orientadores desta dissertação, dois *posters* (Apêndices 3 e 4) e um artigo (Apêndice 2) [74] que resumem o trabalho de desenvolvimento associado a estas propostas.

Folha em branco

Capítulo 5

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

5.1. Conclusão

Nos dias de hoje, e com a crescente utilização de veículos automóveis, aumenta também a necessidade pela procura de alternativas que visem reduzir os problemas de trânsito e falta de estacionamento, principalmente nas grandes metrópoles. Em cidades mais antigas, este problema é agravado pelo facto de as mesmas não estarem preparadas, em termos de infraestruturas, para lidar com este fenómeno. Assim, os espaços existentes nestas zonas, destinados ao estacionamento de viaturas, devem ser alvo de uma modernização a vários níveis, de forma a estarem adaptados às tendências, como por exemplo a procura cada vez mais elevada por veículos elétricos. Deve haver também uma aposta maior na informação dos automobilistas acerca das possibilidades que estes têm de utilizar espaços, como os parques de estacionamento, para seu benefício e de forma a não constringer a fluidez nas vias de uma cidade.

Esta dissertação teve como seu principal objetivo apresentar uma série de propostas, teóricas e práticas, que visam facilitar a experiência dos condutores a nível da procura por um estacionamento correto e sem perdas desnecessárias de tempo e recursos. O relatório incide sobretudo na área da zona histórica da cidade da Covilhã, contudo, muitas das temáticas abordadas são comuns a outros casos do panorama nacional, europeu e global.

A aposta na informação do automobilista acerca do número de vagas disponíveis, em tempo real, nos vários espaços de estacionamento de uma cidade, pode ajudar a uma diminuição do trânsito e congestionamento nas vias, a uma poupança de recursos, nomeadamente combustível e, não menos importante, a uma quebra significativa da emissão de gases poluentes para a atmosfera.

Algumas das conclusões mais específicas a que foi possível chegar aquando da elaboração desta dissertação incluem:

- A cidade da Covilhã, principalmente a sua zona mais antiga, não se encontra preparada em termos de infraestruturas de circulação de veículos, para a crescente utilização de automóveis. É notória também a escassez, nesta área geográfica, de lugares de estacionamento ao ar livre.

- Existem problemas diários nas avenidas da Covilhã diretamente relacionados com a imobilização incorreta de veículos nas mesmas, o que perturba de forma direta o dia-a-dia de quem trabalha e se desloca pela cidade.
- A população covilhanense, em geral, encontra-se desinformada acerca do modo de funcionamento dos silos auto presentes no município e de como podem beneficiar e usufruir da sua utilização.
- O atual funcionamento dos silos não possibilita aos condutores terem a noção exata do número de lugares vagos, a cada momento, no interior dos mesmos.
- A elaboração de um sistema de contabilização de lugares vagos em cada um dos parques de estacionamento mencionados neste relatório, pode fazer parte de uma solução para aliviar muitos dos problemas verificados na cidade a nível de trânsito e congestionamento. Tecnologias de ponta, como o IoT, podem facilmente ser aplicadas a estes casos de estudo e fazer parte de uma solução moderna para o funcionamento dos espaços.
- Os silos presentes na zona histórica da Covilhã não se encontram preparados para o fornecimento de carregamento a viaturas não-poluentes, o que nos dias de hoje, revela uma notória desatualização destas infraestruturas.
- Uma aposta na disponibilização de carregamento, reserva de lugares e possivelmente descontos na utilização de parques de estacionamentos a veículos elétricos, pode ser uma chave para que estes sejam cada vez mais populares e, desta forma, contribuam para um futuro mais sustentável e ecológico.

Desta forma, e através de uma reformulação do funcionamento dos três espaços caracterizados neste documento, é possível concluir que a cidade da Covilhã tem condições para se aproximar cada vez mais a uma *Smart City*. Através de um sistema à base da plataforma Arduino, a montagem eletrónica associada, e uma série de sensores conectados à mesma, é possível elaborar uma montagem que contabilize o número de veículos dentro de cada parque. Posteriormente, esses resultados serão comunicados à distância através do módulo IoT, que os irá disponibilizar aos condutores, de forma a que estes tomem uma decisão ponderada aquando do estacionamento dos seus automóveis. As alterações propostas neste documento não são de todo dispendiosas e podem impactar de uma forma bastante positiva o panorama da cidade, em termos da mobilidade e do fornecimento de uma melhor experiência à população residente, visitantes e turistas.

Por último, é possível também concluir que o conteúdo desta dissertação pode ser aplicado a outros casos de estudo, já que tanto a nível teórico como prático, as propostas apresentadas podem ser implementadas noutras cidades de pequena, média ou mesmo de grande dimensão.

5.2. Proposta para Trabalhos Futuros

Futuramente estas propostas serão apresentadas à entidade responsável pela gestão dos parques, assim como à própria Câmara Municipal da Covilhã, de forma a que as mesmas, ou variações delas, possam ser aplicadas aos casos de estudo retratados neste documento.

A nível de uma possível continuação do trabalho relacionado com as temáticas mencionadas, seria interessante a disponibilização do número de lugares vagos, dentro dos parques, ou até mesmo ao ar livre, através de uma aplicação para telemóvel ou através do *site* do município da Covilhã. Ao ter o acesso a este tipo de informações em qualquer lugar e a qualquer hora, seria possível planear da melhor forma um passeio ou uma rota, sem ter que passar diretamente pelos locais onde esta informação estaria disponibilizada. Isto iria diminuir ainda mais questões como perda de tempo e um gasto excessivo de recursos, por parte dos condutores.

Desta forma, e tendo em conta que as tecnologias do IoT são relativamente recentes, é necessário desenvolver ainda mais o sistema descrito no relatório, especialmente no que toca à incorporação do módulo *WiFi* e, tal como referido anteriormente, considerar a hipótese de apresentar os resultados provenientes deste módulo numa aplicação para *smartphone*.

Uma outra questão interessante para desenvolver futuramente seria também, através de uma *APP*, conseguir disponibilizar informações acerca dos acessos e do estacionamento em áreas turísticas da Serra da Estrela, como por exemplo, as Penhas da Saúde, Covão da Ametade, ou a zona da Torre. Essa *APP* também poderia disponibilizar informação, em tempo real, acerca das interrupções das estradas de acesso à Serra da Estrela, no inverno, devido à ocorrência de nevões.

Folha em branco

Referências Bibliográficas

- [1] Zavitsas, K., Kaparias, I., & Bell, M. (2010). Conduits, coordination of network descriptors for urban intelligent transport systems (Tech. Rep. No. 11). London: Imperial College.
- [2] Errousso, H., Ouadi, J. E., Arbi, A. E., & Benhadou, S. (2022). Dynamic parking space allocation at urban scale: Problem formulation and resolution. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(10), 9576–9590. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.11.011>
- [3] Vassileva, I., & Campillo, J. (2017). Adoption barriers for electric vehicles: Experiences from early adopters in Sweden. *Energy*, 120, 632–641. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.119>
- [4] Ibrahim, H. (2017). Car parking problem in urban areas, causes and solutions. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3163473>
- [5] Oliveira, F. M. G. (2018). Gestão inteligente de estacionamento em ambiente urbano, Dissertação de Mestrado na Universidade do Minho. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/64531>
- [6] NWAWE. (2023, 15 de agosto). *Harrogate - Smart Parking Case Study by NWave*. NWAWE - We Power Smart Parking. <https://www.nwave.io/case-study-harrogate/> [Acedido em 19 de agosto de 2023]
- [7] Babić, J., Carvalho, A., Ketter, W., & Podobnik, V. (2022). A data-driven approach to managing electric vehicle charging infrastructure in parking lots. *Transportation Research Part D-transport and Environment*, 105, 103198. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103198>
- [8] Dirks, S. & Keeling, M. (2009). *A Vision of Smarter Cities: How Cities Can Lead the Way Into a Prosperous and Sustainable Future* (New York: IBM Institute for Business Value).
- [9] Dameri, R. P. (2013). Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal. *International Journal of Computer and Technology*, 11(5), 2544–2551. <https://doi.org/10.24297/ijct.v11i5.1142>
- [10] Mosannenzadeh, F., & Vettorato, D. (2014). Defining Smart City. A conceptual framework based on keyword analysis. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*. <https://doi.org/10.6092/1970-9870/2523>
- [11] Kozłowski, W., & Suwar, K. (2021). Smart City: Definitions, dimensions, and initiatives. *European Research Studies Journal*, XXIV(Special Issue 3), 509–520. <https://doi.org/10.35808/ersj/2442>
- [12] Bettini, A., Cellina, F. & Castri, R. (2021). Co-creating a Smart City strategic roadmap for small-sized cities: insights from a Swiss case study.

- [13] Shami, M. R., Rad, V. B., & Moinifar, M. (2022). The structural model of indicators for evaluating the quality of urban smart living. *Technological Forecasting and Social Change*, 176, 121427. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121427>
- [14] Lima, M. F. C. (2017). Qualidade de vida, sustentabilidade e eficiência na gestão dos recursos: um estudo sobre a adoção do smart parking da ParkWare, Dissertação de Mestrado na Universidade de Aveiro. <https://ria.ua.pt/handle/10773/23502>
- [15] Dirks, S., Gurdgiev, C., & Keeling, M. (2010) Smarter Cities for Smarter Growth: How Cities Can Optimize Their Systems for the Talent-Based Economy. IBM Institute for Business Value, May 2010, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2001907>
- [16] Nam, T. & Pardo, T. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. ACM International Conference Proceeding Series. 282-291. 10.1145/2037556.2037602.
- [17] Lusa. (2022, 17 de janeiro). Covilhã vai abrir as “Portas do Sol”, um guia pelo centro histórico. PÚBLICO. <https://www.publico.pt/2022/01/17/fugas/noticia/covilha-vai-abrir-portas-sol-guia-centro-historico-1992147> [Acedido em 13 de fevereiro de 2023]
- [18] Florida, R. (2014). The Creative Class and Economic Development. *Economic Development Quarterly*, 28(3), 196-205. <https://doi.org/10.1177/0891242414541693>
- [19] Anttiroiko, A., Valkama, P., & Bailey, S. J. (2013). Smart cities in the new service economy: building platforms for smart services. *AI & Society*, 29(3), 323–334. <https://doi.org/10.1007/s00146-013-0464-0>
- [20] Bıyık, C., Abareshi, A., Paz, A., Ruiz, R. M. A., Battarra, R., Rogers, C. D. F., & Lizárraga, C. (2021). Smart Mobility Adoption: A Review of the literature. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 146. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020146>
- [21] Yousef, M. & Sayed Ali Ahmed, E. (2019). Internet of things in Smart Environment: Concept, Applications, Challenges, and Future Directions.
- [22] Radziejowska, A., & Sobotka, B. (2021). Analysis of the social aspect of smart cities development for the example of smart sustainable buildings. *Energies*, 14(14), 4330. <https://doi.org/10.3390/en14144330>
- [23] Sánchez-Corcuera, R., Núñez-Marcos, A., Sesma-Solance, J., Bilbao-Jayo, A., Mulero, R., Zulaika, U., Azkune, G., & Almeida, A. (2019). Smart cities survey: Technologies, application domains and challenges for the cities of the future. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(6), 155014771985398. <https://doi.org/10.1177/1550147719853984>
- [24] X. Fan, Y. Yan, P. Yang and F. Han, (2021). "CMSS: Use Low-power IoT Cameras to Monitor Store Shelves," *2021 7th International Conference on Big Data Computing and Communications (BigCom)*, Deqing, China, 2021, pp. 309-315, doi: 10.1109/BigCom53800.2021.00008.

- [25] Herath, H., & Mittal, M. (2022). Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(1), 100076. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2022.100076>
- [26] Audretsch, David & Belitski, Maksim. (2017). Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions. *The Journal of Technology Transfer*. 42. 10.1007/s10961-016-9473-8.
- [27] Mishra, S., & Kern-Stone, R. (2023). Smart Assistants for Smart Living: Ideology and Mythology in AI-Powered Smart Speaker Advertising. *Journal of Communication Inquiry*, 47(4), 481–500. <https://doi.org/10.1177/01968599231155612>
- [28] Javed, A. R., Shahzad, F., Rehman, S. U., Zikria, Y. B., Razzak, I., Jalil, Z., & Xu, G. (2022). Future smart cities: requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects. *Cities*, 129, 103794. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103794>
- [29] Gaspar, J. G. R. (2016). Utilização de aplicações móveis na gestão de estacionamento urbano, Dissertação de Mestrado no Instituto Politécnico do Porto. <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/9352>
- [30] *What is the Internet of Things (IoT)?* (n.d.). <https://www.oracle.com/pt/internet-of-things/what-is-iot/> [Acedido em 21 de junho de 2023]
- [31] Rajiv. (2023). What are the major components of Internet of Things. *RF Page*. <https://www.rfpage.com/what-are-the-major-components-of-internet-of-things/> [Acedido em 20 de junho de 2023]
- [32] Naveen, S. (2016). Study of IoT: Understanding IoT architecture, applications, issues and challenges. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/330501274_Study_of_IoT_Understanding_IoT_Architecture_Applications_Issues_and_Challenges
- [33] Rehman, A. U., Rehman, S. U., Khan, I., Moiz, M., & Hasan, S. (2022). Security and privacy issues in IoT. *International Journal of Communication Networks and Information Security*, 8(3). <https://doi.org/10.17762/ijcnis.v8i3.2074>
- [34] Telenor IoT. (2023, 26 de setembro). *What is 5G Technology, What Does 5G Mean for IoT?* | Telenor IoT. <https://iot.telenor.com/technologies/connectivity/5g/> [Acedido em 27 de setembro de 2023]
- [35] Yasar, K., Gillis, A. S., & Christensen, G. (2023). artificial intelligence of things (AIoT). *IoT Agenda*. <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Artificial-Intelligence-of-Things-AIoT> [Acedido em 12 de junho de 2023]
- [36] *O que mudou no seu município em 10 anos?* (n.d.). Pordata. <https://www.pordata.pt/censos/quadro-resumo-municipios-e-regioes/covilha-545>
- [37] Contribuidores da Wikipédia. (2023). Covilhã. [pt.wikipedia.org](https://pt.wikipedia.org/wiki/Covilh%C3%A3). <https://pt.wikipedia.org/wiki/Covilh%C3%A3> [Acedido em 28 de março de 2023]

- [38] Muralhas, C. D. (2020, 31 de outubro). Breve história da Covilhã. *Casa das Muralhas*. <https://www.casadamuralhas.pt/post/breve-hist%C3%B3ria-da-covilh%C3%A3> [Acedido em 29 de março de 2023]
- [39] Construção, R. E. (2021, 3 de janeiro). *Repórteres em Construção*. <https://www.reporteresemconstrucao.pt/2021/01/03/manchester-portuguesa/> [Acedido em 29 de março de 2023]
- [40] *O que mudou no seu município em 10 anos?* (2021). Pordata. <https://www.pordata.pt/censos/quadro-resumo-municipios-e-regioes/covilha-545> [Acedido em 1 de abril de 2023]
- [41] *Antigas Freguesias da Cidade da Covilhã*. (2018). Memórias Da Covilhã. <https://memoriasdacovilha.blogs.sapo.pt/antigas-freguesias-da-cidade-da-covilha-23112> [Acedido em 18 de abril de 2023]
- [42] Infopédia. (n.d.). *Covilhã - infopédia*. infopedia.pt - Porto Editora. [https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$covilha](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$covilha) [Acedido em 19 de março de 2023]
- [43] Da Covilhã, M. (n.d.). *Contextualização territorial - Município da Covilhã*. Município Da Covilhã. <https://www.cm-covilha.pt/?cix=820&tab=792&curr=813&lang=1> [Acedido em 30 de maio de 2023]
- [44] Contribuidores da Wikipédia. (2022). Distrito de Castelo Branco. [pt.wikipedia.org. https://pt.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Castelo_Branco](https://pt.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Castelo_Branco) [Acedido em 9 de abril de 2023]
- [45] *O início da construção do Centro Hospitalar Cova da Beira*. (2020). Fórum Covilhã. <https://www.forumcovilha.pt/noticias/noticia/?idn=17477> [Acedido em 10 de abril de 2023]
- [46] *Saiba como vai funcionar o Plano de Mobilidade na Covilhã*. (2023). Fórum Covilhã. <https://www.forumcovilha.pt/noticias/noticia/?idn=36303> [Acedido em 10 de abril de 2023]
- [47] Centro, N. D., & Centro, N. D. (2023, 31 de janeiro). Covilhã tem nova concessão de transportes urbanos. *Notícias Do Centro*. <https://noticiasdocentro.pt/covilha-tem-nova-concessao-de-transportes-urbanos/> [Acedido em 20 de abril de 2023]
- [48] Miguel, N. (2023). MOBI COVILHÃ INICIA CONCESSÃO DE MOBILIDADE. *Rádio Cova Da Beira*. <https://rcb-radiocovadabeira.pt/mobi-covilha-inicia-concessao-de-mobilidade/> [Acedido em 29 de abril de 2023]
- [49] Marques, E. (2023). Estacionamento nos silos-auto e à superfície grátis até abril, na Covilhã. *Jornal O Interior*. <https://ointerior.pt/regiao/estacionamento-nos-silos-auto-e-a-superficie-gratis-ate-abril/> [Acedido em 30 de abril de 2023]
- [50] Almeida, G. (2023). Mobilidade Covilhã: Zonas de estacionamento pago votadas amanhã na reunião de câmara. *Rádio Clube Da Covilhã*. <https://radio-covilha.pt/2023/02/noticias/mobilidade-covilha-zonas-de-estacionamento-pago-aprovadas-amanha-na-reuniao-de-camara1/> [Acedido em 12 de junho de 2023]

- [51] *REGULAMENTO GERAL DAS ZONAS DE ESTACIONAMENTO TARIFADO DE DURAÇÃO LIMITADA DO MUNICÍPIO DA COVILHÃ - PDF Download grátis.* (2023). <https://docplayer.com.br/80974213-Regulamento-geral-das-zonas-de-estacionamento-tarifado-de-duracao-limitada-do-municipio-da-covilha.html> [Acedido em 29 de junho de 2023]
- [52] *Covilhã, cidade Fábrica, cidade Granja.* (n.d.). Cidadesacovilha. <https://pj1966.wixsite.com/cidadesacovilha> [Acedido em 12 de abril de 2023]
- [53] Da Covilhã, M. (2023). *Mercado - Município da Covilhã.* Município Da Covilhã. <https://www.cm-covilha.pt/?cix=901&tab=793&curr=862&lang=1> [Acedido em 12 de abril de 2023]
- [54] *O Caso Silo Auto - Parq C da Covilhã para Memória Futura.* (2016). Arquivo Autárquico. <https://arquivoautarquico.blogs.sapo.pt/1615.html> [Acedido em 12 de abril de 2023]
- [55] *Silo Auto Praça do Município - Visit Covilhã.* (2019, 1 de outubro). Visit Covilhã. <https://www.visitcovilha.com/destinations/sito-auto-praca-do-municipio/> [Acedido em 14 de abril de 2023]
- [56] Portugal, A. A. (n.d.). *Sporting Shopping Center | All about Portugal.* All About Portugal. <https://www.allaboutportugal.pt/pt/covilha/centros-comerciais/sporting-shopping-center> [Acedido em 17 de abril de 2023]
- [57] *Google Maps.* (n.d.). Google Maps. <https://www.google.com/maps/> [Acedido em 10 de abril de 2023]
- [58] Cassidy, L. (2023). *Arduino vs Raspberry Pi: Which is the best board for you.* Flux.ai. <https://www.flux.ai/p/blog/arduino-vs-raspberry-pi-comparison> [Acedido em 13 de julho de 2023]
- [59] ArduinoPortugal.Pt. (2018). *O que é Arduino? Arduino Portugal.* <https://www.arduinoportugal.pt/o-que-e-arduino/> [Acedido em 30 de junho de 2023]
- [60] Ltd, R. P. (n.d.). *Raspberry Pi.* Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.com/> [Acedido em 18 de agosto de 2023]
- [61] *Arduino Mega 2560 rev3.* (n.d.). Arduino Official Store. <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3#> [Acedido em 18 de agosto de 2023]
- [62] Away, R. (2023, março de 16). *Só 2% dos portugueses têm carros elétricos. O que trava a compra? AWAY Magazine.* <https://away.iol.pt/mobilidade/eletricos/so-2-dos-portugueses-tem-carros-eletricos-o-que-trava-a-compra/20230316/6412ef470cf2c84d7fccb68d> [Acedido em 18 de agosto de 2023]
- [63] *Sensor de Distância Ultrassónico HC-SR04.* (2023, 28 de julho). Electrofun. <https://www.electrofun.pt/sensores-arduino/sensor-distancia-hc-sr04> [Acedido em 9 de agosto de 2023]

- [64] EastRising Technology Co.,Ltd. (n.d.). *Low-Cost 1604 16x4 Charcter LCD Display Module Yellow Black Color*. <https://www.buydisplay.com/low-cost-1604-16x4-character-lcd-display-module-yellow-black-color> [Acedido em 9 de agosto de 2023]
- [65] Techtudo. (2015). *Arduino ou Raspberry Pi? Saiba qual micro PC é melhor para seu projeto*. TechTudo. <https://www.techtudo.com.br/noticias/2015/04/arduino-ou-raspberry-pi-saiba-qual-micro-pc-e-melhor-para-seu-projeto.ghtml> [Acedido em 10 de junho de 2023]
- [66] Instructables. (2017). *Getting started with the ESP8266 ESP-01*. *Instructables*. <https://www.instructables.com/Getting-Started-With-the-ESP8266-ESP-01/> [Acedido em 20 de junho de 2023]
- [67] *Módulo WiFi ESP8266 ESP-01 Wireless*. (2022, 11 de outubro). Electrofun. <https://www.electrofun.pt/expressif/modulo-wifi-esp8266> [Acedido em 29 de junho de 2023]
- [68] Yong, T., & Park, C. (2017). A qualitative comparative analysis on factors affecting the deployment of electric vehicles. *Energy Procedia*, 128, 497–503. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.066>
- [69] Li, W., Long, R., Chen, H., Chen, F., Zheng, X. L., & Yang, M. (2019). Effect of policy incentives on the uptake of electric vehicles in China. *Sustainability*, 11(12), 3323. <https://doi.org/10.3390/su11123323>
- [70] *Incentives and legislation | European Alternative Fuels Observatory*. (n.d.). <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/norway/incentives-legislations> [Acedido em 1 de setembro de 2023]
- [71] Babić, J., Carvalho, A., Ketter, W., & Podobnik, V. (2022). A data-driven approach to managing electric vehicle charging infrastructure in parking lots. *Transportation Research Part D-transport and Environment*, 105, 103198. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103198>
- [72] Statista. (2023). *Electric vehicles - Worldwide | Statista market forecast*. <https://www.statista.com/outlook/mmo/electric-vehicles/worldwide> [Acedido em 12 de setembro de 2023]
- [73] Cia, A. E. (2020). *Controle de vagas de estacionamento com o sensor HC-SR04. Arduino E Cia*. <https://www.arduinoecia.com.br/controle-de-vagas-de-estacionamento-sensor-ultrassonico-hc-sr04/> [Acedido em 14 de agosto de 2023]
- [74] Paiva, J., Reis, A. D. & Velez, F. J. (2023). *Gestão Inteligente de Parques de Estacionamento na Cidade da Covilhã*, IX Conferência da Faculdade de Ciências, Universidade da Beira Interior, pp. 53-53, Covilhã, 29-30 setembro 2023.

Apêndice 1

```
// Programa : Controlo de vagas de estacionamento utilizando HC-
SR04

//Inicializa as bibliotecas do sensor Ultrasonico e do Display
#include <NewPing.h>
#include <LiquidCrystal.h>

#define SONAR_NUM 3 // Define o numero de sensores
#define MAX_DISTANCE 10 // Distancia maxima

// Milisegundos de intervalo entre medicoes (29ms e o tempo mínimo
para
// evitar conflito entre os sensores)
#define PING_INTERVAL 33

// Armazena a quantidade de vezes que a medicao deve ocorrer, para
cada sensor
unsigned long pingTimer[SONAR_NUM];

unsigned int cm[SONAR_NUM]; // Armazena o numero de medicoes
uint8_t currentSensor = 0; // Armazena o sensor que esta
ativo

int vagaslivres = 3; //Contador de vagas livres
int vagasocupadas = 0; //Contador de vagas ocupadas
int sensor1 = 0; //Contador de vagas no sensor1
int sensor2 = 0; //Contador de vagas no sensor2
int sensor3 = 0; //Contador de vagas no sensor3

//Define os pinos que serao ligados ao LCD
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

NewPing sonar[SONAR_NUM] =
{
    // Armazena informacoes sobre a pinagem dos sensores
    // Pino trigger, echo e distancia máxima, para cada sensor
    NewPing(13, 10, MAX_DISTANCE),
    NewPing(14, 15, MAX_DISTANCE),
    NewPing(22, 23, MAX_DISTANCE),
};

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    lcd.begin(16,4); //Inicializa LCD
    lcd.clear(); //Limpa o LCD
    pingTimer[0] = millis() + 75; //Primeira medicao começa com
75ms
    //Define o tempo de inicializacao de cada sensor
    for (uint8_t i = 1; i < SONAR_NUM; i++)
        pingTimer[i] = pingTimer[i - 1] + PING_INTERVAL;
```

```

}

void loop()
{
  // Loop entre todos os sensores
  for (uint8_t i = 0; i < SONAR_NUM; i++) {
    if (millis() >= pingTimer[i]) {
      //Define o tempo que o proximo sensor sera acionado
      pingTimer[i] += PING_INTERVAL * SONAR_NUM;
      // Ciclo do sensor completo
      if (i == 0 && currentSensor == SONAR_NUM - 1) oneSensorCycle();
      // Reseta o timer antes de ler o proximo sensor
      sonar[currentSensor].timer_stop();
      // Número do sensor sendo acionado
      currentSensor = i;
      // Se nao houver eco do sensor, seta a distância como zero
      cm[currentSensor] = 0;
      sonar[currentSensor].ping_timer(echoCheck);
    }
  }

  //Calcula a quantidade de vagas disponiveis e ocupadas, e imprime
  no display
  vagasocupadas = sensor1 + sensor2 + sensor3 ;
  vagaslivres = 3 - vagasocupadas;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" Estacionamento ");
  //lcd.print(vagaslivres);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(" Bem-vindo ");
  //lcd.print(vagasocupadas);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Vagas livr. = ");
  lcd.print(vagaslivres);
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Vagas ocup. = ");
  lcd.print(vagasocupadas);
}

void echoCheck() { //Se receber um sinal (eco), calcula a
  distancia
  if (sonar[currentSensor].check_timer())
    cm[currentSensor] = sonar[currentSensor].ping_result /
  US_ROUNDTRIP_CM;
}

void oneSensorCycle() { // Ciclo de leitura do sensor
  for (uint8_t i = 0; i < SONAR_NUM; i++) {
    //Se for detectado objeto entre 0 e 50 cm do sensor1, calcula a
    distancia
    if (cm[0] > 2 && cm[0] < 50)
    {

      sensor1 = 1; //Incrementa o número de vagas ocupadas na
      vagal
    }
    else
    {

```

```

    sensor1 = 0; //Marca a vaga 1 como livre
}

//Se for detectado objeto entre 0 e 50 cm do sensor2, calcula a
distância
if (cm[1] > 2 && cm[1] < 50)
{
    sensor2 = 1; //Incrementa o número de vagas ocupadas na
vaga2
}
else
{
    sensor2 = 0; //Marca a vaga 2 como livre
}

//Se for detectado objeto entre 0 e 50 cm do sensor3, calcula a
distância
if (cm[2] > 2 && cm[2] < 50)
{
    sensor3 = 1; //Incrementa o número de vagas ocupadas na
vaga3
}
else //
{
    sensor3 = 0; //Marca a vaga 3 como livre
}

//Imprime os valores lidos no monitor serial, para fins de
acompanhamento
Serial.print("Sensor : ");
Serial.print(i);
Serial.print(" = ");
Serial.print(cm[i]);
Serial.print(" cm - ");
}
Serial.println();
}

```

Folha em branco

Apêndice 2



GESTÃO INTELIGENTE DE PARQUES DE ESTACIONAMENTO NA COVILHÃ

João Paiva, A. D. Reis, F. J. Velez

Universidade da Beira Interior

Resumo

Nos dias de hoje, e com o uso cada vez mais acentuado de veículos nas cidades, torna-se progressivamente mais difícil, principalmente em cidades antigas e pouco preparadas para este fenómeno, encontrar estacionamento ou lugares destinados à imobilização correta de automóveis. Como a utilização de viaturas, seja para o transporte de pessoas ou de mercadorias, é indispensável para o bom funcionamento de uma cidade, torna-se imperativo encontrar soluções inovadoras que visem aliviar e diminuir algumas das adversidades geradas pelo crescente fluxo de veículos dentro dos municípios.

O caso de estudo apresentado neste documento é o da cidade da Covilhã. Esta cidade é caracterizada por uma parte mais antiga e histórica que conta com edifícios debilitados e avenidas estreitas onde a circulação é difícil e o estacionamento, muitas das vezes, impossível. Consequentemente, esta área apresenta diversos problemas no que toca à disponibilização de estacionamento para veículos automóveis. Existem vários espaços, como silos-auto, que podem constituir uma possível solução para alguns dos problemas verificados na cidade no que toca a esta temática, contudo estes carecem da informação disponibilizada aos automobilistas acerca do seu funcionamento, localização e número de lugares disponíveis no seu interior em cada momento.

Desta forma, através da combinação de conceitos como IoT e *Smart Cities*, é possível implementar um sistema de contabilização dos veículos que estão presentes no interior de cada um destes espaços de forma a informar os automobilistas para que estes possam tomar uma decisão mais ponderada aquando do estacionamento da sua viatura.

Palavras-chave: *Smart City, Internet of Things (IoT), Gestão de Parques de estacionamento, Covilhã.*

Folha em branco

Apêndice 3



instituto de
telecomunicações

IX Ciclo de Conferências
da Faculdade de Ciências



UNIVERSIDADE
BEIRA INTERIOR

Gestão Inteligente de Parques de Estacionamento na Covilhã

João Paiva (joao.pedro.paiva@ubi.pt), F. J. Velez (fjv@ubi.pt), A. D. Reis (adreis@ubi.pt)

Contexto e Desafios

- Circular na zona mais antiga da Covilhã, é já em si um desafio. Encontrar espaços destinados a uma imobilização correta de veículos pode tornar-se numa tarefa ainda mais difícil;
- Existem uma série de oportunidades para o estacionamento, nomeadamente nos 3 silos presentes na zona histórica: o silo da Praça do Município, o silo do Sporting Shopping e o do Mercado Municipal;
- Em conjunto, estes apresentam uma totalidade de 556 lugares de estacionamento;
- Contudo, a informação disponível aos condutores é deveras desatualizada e insuficiente, já que estes não têm acesso a números como a quantidade de lugares vagos no interior de cada um destes espaços, em tempo real.

Descrição e Apresentação de Propostas

Funcionamento atual dos Parques



COMPLETO



LIVRE

- A informação atualmente fornecida nos *displays* que se encontram à entrada dos parques não permitem ao condutor saber a quantidade de lugares disponíveis no interior do mesmo.
- Para além disso, muitas das vezes as informações que são fornecidas, não refletem corretamente a disponibilidade ou não de lugares (havendo casos em que o silo se apresenta como 'LIVRE', mas na realidade está lotado).

Proposta para Funcionamento dos Parques

- A Proposta consiste na formulação de um sistema, à base de sensores ultrassónicos e controlados por um Arduino, que consiga contabilizar o número de vagas em cada parque, em tempo real.
- Estas informações seriam então disponibilizadas num visor LCD, de forma a que os condutores possam efetuar a melhor decisão com base em dados concretos.



- A imagem à esquerda é uma proposta daquilo que poderá ser a placa que será colocada à entrada dos parques.
- Desta forma, e através de um sistema de contagem de veículos pouco dispendiosa, é possível apresentar um resultado concreto do número de espaços disponíveis para o estacionamento.
- Um sensor ultrassónico seria instalado para controlar cada lugar individualmente.

Proposta Complementar utilizando o 'IoT'

- A figura à direita é um *design* de uma placa que representa a informação descrita anteriormente, mas neste caso para os 3 silos da zona histórica.
- Através da rede sem fios (*Internet*) é possível que cada um dos sistemas montados nos diferentes parques, transmita os resultados diretamente para os 3 visores representados na placa.
- Esta informação poderia ser disponibilizada em zonas de grande afluência, como por exemplo no Pelourinho, de forma a que os automobilistas que circulassem nestas áreas tivessem acesso aos dados em tempo real.

ZONA HISTÓRICA DA COVILHÃ		LUGARES DISPONÍVEIS
P	SILO AUTO DA PRAÇA DO MUNICÍPIO	888
P	SILO AUTO DO SPORTING SHOPPING	888
P	SILO AUTO DO MERCADO MUNICIPAL	888

Resultados Pretendidos e Trabalhos Futuros

- É o objetivo deste estudo aproximar cada vez mais a Covilhã a uma *Smart City* moderna. Através de ferramentas inovadoras, como o *Internet of Things* (IoT), é possível transformar o funcionamento de um parque de estacionamento, de forma a que este apresente informações mais concretas e detalhadas ao utilizador.
- Futuramente, este tipo de informações poderão também ser disponibilizadas em *APPs* para telemóvel ou em *sites*.
- Um sistema deste tipo é universal e pode ser aplicado a qualquer outro caso de estudo, a nível nacional ou até global.



Folha em branco

Apêndice 4

ENCONTRO UBI CIÊNCIA E INOVAÇÃO SEMANA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA 2023 20 a 24 de Novembro



Gestão Inteligente de Parques de Estacionamento (caso de estudo da Covilhã)

Dep. Física, Dep. Eletromecânica, Universidade da Beira Interior
João P. Paiva (joao.pedro.paiva@ubi.pt), F. J. Velez (fjv@ubi.pt), A. D. Reis (adreis@ubi.pt)

Contexto e Desafios:

- Circular na zona mais antiga da Covilhã, é já em si um desafio. Encontrar espaços destinados a uma imobilização correta de veículos pode tornar-se numa tarefa ainda mais difícil;
- Existem uma série de oportunidades para o estacionamento, nomeadamente nos 3 silos presentes na zona histórica: o silo da Praça do Município, o silo do Sporting Shopping e o do Mercado Municipal;
- Em conjunto, estes apresentam uma totalidade de 556 lugares de estacionamento;
- Contudo, a informação disponível aos condutores é deveras desatualizada e insuficiente, já que estes não têm acesso a números como a quantidade de lugares vagos no interior de cada um destes espaços, em tempo real.

Descrição e Apresentação de Propostas:

Funcionamento atual dos Parques



- A informação atualmente fornecida nos *displays* que se encontram à entrada dos parques não permitem ao condutor saber a quantidade de lugares disponíveis no interior do mesmo.
- Para além disso, muitas das vezes as informações que são fornecidas, não refletem corretamente a disponibilidade ou não de lugares (havendo casos em que o silo se apresenta como 'LIVRE', mas na realidade está lotado).

Proposta para Funcionamento dos Parques

- A Proposta consiste na formulação de um sistema, à base de sensores ultrassónicos e controlados por um Arduino, que consiga contabilizar o número de vagas em cada parque, em tempo real.
- Estas informações seriam então disponibilizadas num visor LCD, de forma a que os condutores possam efetuar a melhor decisão com base em dados concretos.



- A imagem à esquerda é uma proposta daquilo que poderá ser a placa que será colocada à entrada dos parques.
- Desta forma, e através de um sistema de contagem de veículos pouco dispendiosa, é possível apresentar um resultado concreto do número de espaços disponíveis para o estacionamento.
- Um sensor ultrassónico seria instalado para controlar cada lugar individualmente.

Proposta Complementar utilizando o 'IoT'

- A figura à direita é um *design* de uma placa que representa a informação descrita anteriormente, mas neste caso para os 3 silos da zona histórica.
- Através da rede sem fios (*Internet*) é possível que cada um dos sistemas montados nos diferentes parques, transmita os resultados diretamente para os 3 visores representados na placa.
- Esta informação poderia ser disponibilizada em zonas de grande afluência, como por exemplo no Pelourinho, de forma a que os automobilistas que circulassem nestas áreas tivessem acesso aos dados em tempo real.

ZONA HISTÓRICA DA COVILHÃ		LUGARES DISPONÍVEIS
P	SILO AUTO DA PRAÇA DO MUNICÍPIO	888
P	SILO AUTO DO SPORTING SHOPPING	888
P	SILO AUTO DO MERCADO MUNICIPAL	888

Descrição e Apresentação de Propostas:

- É o objetivo deste estudo aproximar cada vez mais a Covilhã a uma *Smart City* moderna. Através de ferramentas inovadoras, como o *Internet of Things* (IoT), é possível transformar o funcionamento de um parque de estacionamento, de forma a que este apresente informações mais concretas e detalhadas ao utilizador.
- Futuramente, este tipo de informações poderão também ser disponibilizadas em *APPS* para telemóvel ou em *sites*.
- Um sistema deste tipo é universal e pode ser aplicado a qualquer outro caso de estudo, a nível nacional ou até global.



UNIGHT