

Gestão e monitorização de uma rede Wi-Fi para contagem de passageiros em transportes públicos

Marta Martins Bernardo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia de Telecomunicações e Informática

Orientador: Prof. Alberto Manuel Ramos da Cunha

Júri

Presidente: Ricardo Jorge Fernandes Chaves

Orientador: Prof. Alberto Manuel Ramos da Cunha

Vogal: Rui António Dos Santos Cruz

Maio de 2019

Abstract

Over the past few years there has been an increasing need to ensure better conditions in the area of public transportation due to the increased demand for these services. This demand leads to greater competitiveness from the service providers, being the quality and efficiency of the service the differentiating factors. In this way, knowing the number of passengers in each bus, in real time, is a parameter that can help to improve this offer.

The present dissertation in Telecommunications and Informatics Engineering intends to provide the companies that supply this service with a way to improve their quality.

Literature review was initially carried out, covering the subjects related to real time passenger counting, the methods used and the systems currently used. After an analysis, it was concluded that for this context, where is intended to count for passengers of a bus almost always in motion, the best solution would to be use the Wi-Fi signal.

With the implementation of a Wi-Fi network inside a bus it was possible to understand the number of people who make use of the service, as well as the average time spent inside the bus.

Keywords: Mobile devices, Wi-Fi, public passenger transports, people counting.

Resumo

Ao longo dos últimos anos tem vindo a assistir-se a uma crescente necessidade de garantir melhores condições na área dos transportes públicos devido ao aumento da procura desses serviços.

Esta procura conduz a uma maior competitividade por parte dos fornecedores do serviço, sendo que a qualidade e eficiência do serviço são fatores diferenciadores dos mesmos. Deste modo, saber o número de passageiros presentes em cada autocarro, em tempo real, é um parâmetro que pode ajudar a melhorar essa oferta.

A presente dissertação de Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática pretende assim fornecer às empresas fornecedoras desse serviço uma forma de melhorar a qualidade do mesmo.

Para tal, foi inicialmente efetuada uma revisão bibliográfica englobando os temas referentes à contagem de passageiros em tempo real, os métodos utilizados e os sistemas atualmente utilizados. De seguida, após uma análise dos mesmos chegou-se à conclusão que, para o contexto em questão, onde se pretende contabilizar passageiros de um autocarro quase sempre em movimento, a melhor solução seria utilizar o sinal Wi-Fi.

Com a implementação de uma rede Wi-Fi no interior de um autocarro foi possível perceber o número de pessoas que usufruem do serviço, bem como o tempo médio despendido no interior do autocarro.

Palavras-chave: Dispositivos móveis, Wi-Fi, transportes públicos de passageiros, contagem de pessoas.

Índice

Acrónimos.....	6
1 Introdução	8
1.1 Motivação e Enquadramento	8
1.2 Objetivos	11
1.3 Estrutura do documento.....	12
2 Estado da Arte.....	13
2.1 Métodos de Contagem de Passageiros	13
Localização Wi-Fi.....	15
2.2 Sistemas atuais de contagem de passageiros.....	18
2.3 Plataformas de Serviço na Nuvem (<i>Cloud Computing</i>)	19
Modelos de Serviço	20

Modelos de Implementação	21
Análise SWOT	22
2.4 Protocolo MQTT	23
2.5 Trabalhos relacionados.....	25
Sistemas de localização baseados em redes Wi-Fi	25
Soluções atuais	27
3 Arquitetura Funcional	30
3.1 IBM Bluemix.....	30
Plataforma Node-RED.....	32
Exemplo de integração entre IBM <i>Bluemix</i> e Node-RED.....	34
4 Proposta de Solução	39
4.1 Arquitetura da solução proposta (solução ótima)	39
4.2 Equipamento utilizado.....	40
Teltonika RUT955.....	40
IBM Watson	42
4.3 Metodologia	44
4.4 Aplicabilidade do sistema a diferentes ambientes	45
Ambiente urbano.....	45
Ambiente inter-urbano.....	45
5 Resultados obtidos	46
6 Conclusão e trabalho futuro	50

Lista de Figuras

- Fig. 1.** Áreas melhoráveis de uma cidade inteligente.
- Fig. 2.** Comparação entre uso de smartphones e telefones tradicionais.
- Fig. 3.** Técnica de triangulação utilizando o ângulo de chegada – AoA.
- Fig. 4.** Técnica de trilateração que utiliza a informação da distância entre o emissor e o recetor.
- Fig. 5.** Modelo visual do conceito de *Cloud Computing*.
- Fig. 6.** Comparação entre os três modelos de serviço.
- Fig. 7.** Relação entre a distância aos APs e os valores de RSSI.
- Fig. 8.** Dados apresentados na plataforma MoovManage.
- Fig. 9.** Painel do IBM *Bluemix*.
- Fig. 10.** Interface da ferramenta Node-Red.
- Fig. 11.** Conjunto de nós *input*, *output*, *function* e *social*.
- Fig. 12.** Conjunto de nós *storage*, *analysis*, *advanced* e *Raspberry Pi*.
- Fig. 13.** Simulador de sensor de temperatura e humidade.
- Fig. 14.** Resultados em tempo real de temperatura.
- Fig. 15.** Resultados em tempo real de humidade.
- Fig. 16.** *Flow* da aplicação.

- Fig. 17.** Configuração do nó IBM IoT.
- Fig. 18.** Comportamento esperado pela aplicação.
- Fig. 19.** Configurações dos nós *switch*.
- Fig. 20.** Resultados obtidos.
- Fig. 21.** Arquitetura do protocolo MQTT.
- Fig. 22.** Processo *publisher/subscriber* usado pelo MQTT.
- Fig. 23.** Estrutura lógica da solução.
- Fig. 24.** Router Teltonika RUT955.
- Fig. 25.** Visão geral da IBM *Watson*.
- Fig. 26.** Fluxo de recolha e tratamento de dados.
- Fig. 27.** Representação gráfica do tempo médio despendido no autocarro.
- Fig. 28.** Amostra dos dados recolhidos.
- Fig. 29.** Itinerário do autocarro de teste.
- Fig. 30.** Representação gráfica relativamente aos tipos de dispositivos utilizados.

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Análise SWOT do conceito de computação em nuvem **Tabela**
2. Resultados obtidos através do *Apache JMeter*.
- Tabela 3.** Estimativa do número de passageiros, por dia.
- Tabela 4.** Tempo médio de acesso à rede Wi-Fi por parte dos passageiros.
- Tabela 5.** Tipos de dispositivos utilizados pelos passageiros.

Acrónimos

No decorrer deste trabalho encontrar-se-ão acrónimos, estando representados os seus significados na lista abaixo.

AP	<i>Access Point</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
AoA	<i>Angle of Arrival</i>
BS	<i>Base Station</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IBM	<i>International Business Machines</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>
IOC	<i>Intelligent Operations Center</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
LAA	<i>Locally Administrated Address</i>
LTE	<i>Long-Term Evolution</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
PPTP	<i>Point-to-Point Tunneling Protocol</i>
PaaS	<i>Platform as a Service</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
RSSI	<i>Received Signal Strength Indication</i>
RTLS	<i>Real-Time Location Systems</i>

SWOT	<i>Strenghts, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>	
SaaS	<i>Software as a Service</i>	
SuSE	<i>Software und System-Entwicklung (Software and System Development)</i>	
TDoA	<i>Time Difference of Arrival</i>	
TI	<i>Tecnologias de Informação</i>	
TUB	<i>Transportes Urbanos de Braga</i>	
ToA	<i>Time of Arrival</i>	
UAA	<i>Universally Administrated Address</i>	
UIMA	<i>Unstructured Information Management Architecture</i>	
VPN	<i>Virtual Private Network</i>	
WCS	<i>Cisco Wireless Control System</i>	Wi-Fi <i>Wireless</i>
<i>Fidelity</i> kNN	<i>k-Nearest Neighbor</i>	

1 Introdução

1.1 Motivação e Enquadramento

De acordo com estudos realizados¹, quase metade da população portuguesa habita, atualmente, em zonas urbanas. Estima-se que esta tendência se acentue cada vez mais ao longo dos anos. Deste modo, os serviços de mobilidade têm vindo a ganhar uma grande importância dentro das grandes áreas metropolitanas, e por isso, é necessário garantir uma maior e melhor integração e controlo desses mesmos serviços (e.g. transporte público, táxis, estacionamento), no sentido de oferecer uma experiência integrada aos cidadãos locais e aos turistas. Por outro lado, a migração populacional para as zonas urbanas pode trazer consigo grandes problemas no que diz respeito a infraestruturas. Uma solução possível para reduzir este problema consiste em tornar as cidades mais inteligentes.

Por definição [1], uma cidade inteligente relaciona a infraestrutura física, a infraestrutura de tecnologias de informação (TI), a infraestrutura social e a infraestrutura de negócios de uma cidade. Assim, uma cidade inteligente permite melhorar a eficiência operacional de uma cidade bem como a qualidade de vida da mesma, através de avanços na área de TI. Existem várias áreas, representadas na figura 1, que podem ser melhoradas com uma cidade inteligente, destacando-se:

- **Conectividade:** garantem dispositivos sempre conectados, possibilitando a troca de informações em tempo real;
- **Água, gás e energia:** abastecimento de recursos como água, gás e eletricidade também pode ser gerido através de dispositivos inteligentes;
- **Gestão de resíduos:** por exemplo através do uso de sensores que verificam se os contentores estão cheios, o que permite reduzir os consumos de combustível das recolhas de lixo;
- **Turismo:** implementação de quiosques inteligentes com informações relevantes para os turistas;
- **Infraestrutura:** as tecnologias desempenham um papel fundamental na gestão de uma infraestrutura controlada e automatizada;
- **Trânsito:** monitorização do tráfego urbano a partir de centros de gestão;
- **Segurança:** utilização de câmaras de segurança e tecnologia de reconhecimento facial;
- **Entretenimento:** atividades de entretenimento também podem ser transformadas através de uma estrutura de TI;

¹

https://www.jornaldenegocios.pt/economia/detalhe/vivem_muitas_pessoas_nas_cidades_na_europa_40_da_populacao_e_em_portugal_quase_44

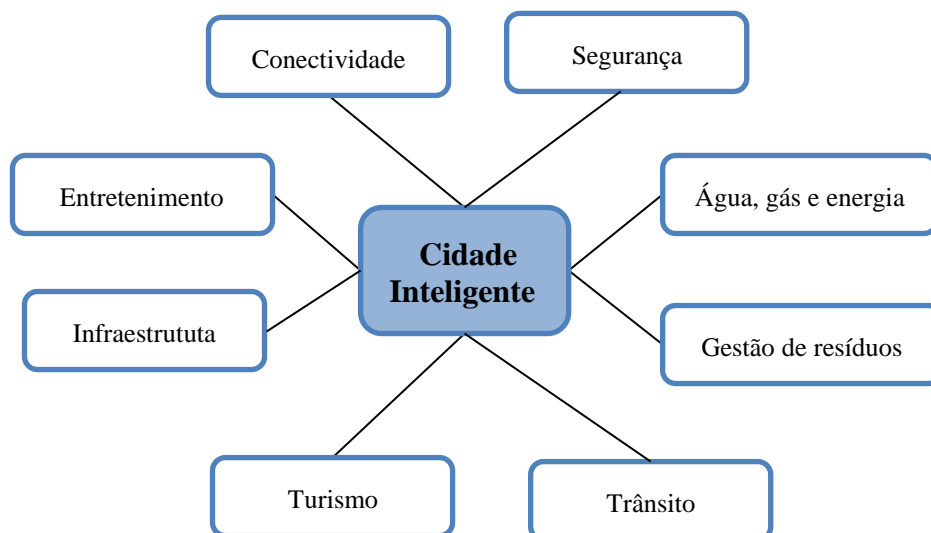


Fig. 1. Áreas melhoráveis de uma cidade inteligente.

Assim, uma mobilidade inteligente pode ser uma mais valia no processo de tornar a cidade mais inteligente. Com este objetivo em mente, é necessário adquirir dados operacionais que permitam monitorizar toda a rede de transportes. Um dos conjuntos de dados importante para melhorar o serviço é o número de passageiros em tempo real.

A maioria das empresas utiliza o sistema de bilhética eletrónico para realizar a contagem de passageiros. No entanto, este sistema pode ser impreciso visto que, por exemplo, em autocarros urbanos apenas é possível contabilizar o número de embarques uma vez que a compra do bilhete é feita por zona, o que significa que existem várias paragens para um possível desembarque. Daí surge a necessidade de definir um método mais fiável para essa finalidade.

Como é possível observar na figura 2, ao longo dos anos tem vindo a registar-se um aumento bastante significativo no que diz respeito ao uso de *smartphones*². Em julho de 2017, 71,6% dos indivíduos possuía telemóveis com múltiplas funcionalidades extra, por exemplo, acelerómetro, *Global Positioning System* (GPS), capacidade de ligação a redes *Wireless Fidelity* (Wi-Fi), etc. Este tipo de funcionalidades tem impulsionado a utilização e desenvolvimento de múltiplas aplicações e serviços baseados em localização. Este tipo de aplicações tem também a grande vantagem de ser capaz de abranger diversas áreas, desde a saúde ao entretenimento, por exemplo.

Estes dispositivos fazem parte do dia-a-dia dos passageiros e como tal, podem ser utilizados para efetuar uma recolha passiva de dados relativos à sua mobilidade com o objetivo de melhorar a qualidade dos serviços de transportes públicos. Ao utilizar este tipo de dispositivo é possível aumentar a

² www.marktest.com/wap/a/n/id~22a1.aspx

quantidade de dados recolhidos sem nenhum custo adicional. Além disso, não é necessária qualquer manutenção do equipamento nem transporte de qualquer tipo de dispositivo para essa recolha de dados.

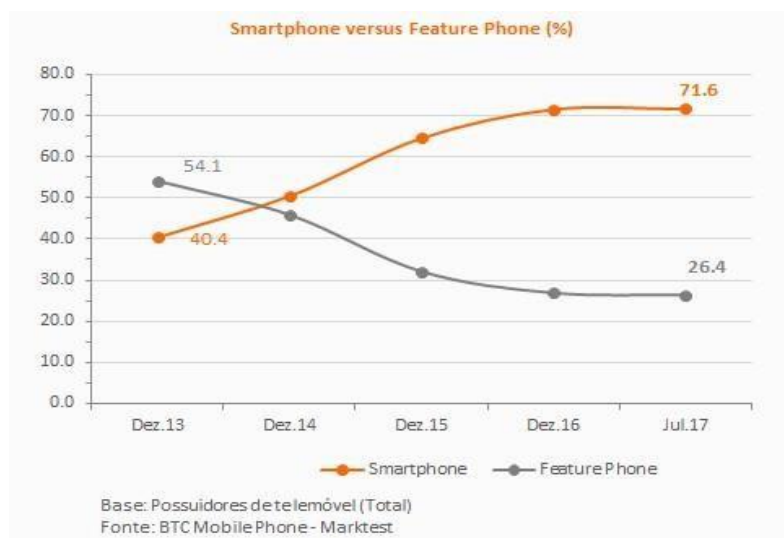


Fig. 2. Comparação entre uso de smartphones e telefones tradicionais. (2017) [Fonte: Marktest]³

Atualmente existe uma grande aposta no desenvolvimento de aplicações baseada em localização, tendo ao seu dispor diferentes tipos de tecnologias de posicionamento, entre as quais GPS, Wi-Fi, *Bluetooth*, *Radio-Frequency Identification* (RFID), *Near Field Communication* (NFC) e *Real-Time Location Systems* (RTLS). No entanto, com a existência de tantas opções é necessário ter conhecimentos relacionados com as características de cada uma, com vista a efetuar uma seleção, de forma crítica, do sistema mais adequado para cada situação.

As redes Wi-Fi foram normalizadas *pele Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) em 1999, sendo compostas por vários dispositivos que comunicam entre si. Esta comunicação ocorre entre dois tipos de dispositivos, nomeadamente, entre as *Base Station* (BS) e *Access Points* (AP). É no AP que os dispositivos deixam o seu registo quando efetuam a ligação a uma infra-estrutura de rede WiFi bem como a intensidade do sinal recebido. Utilizando estes dois indicadores é possível inferir a localização do dispositivo tal como é descrito pela solução *Cisco Location-Based Services* [2].

A tecnologia Wi-Fi confere vantagens para utilização num sistema de localização, uma vez que permite adquirir dados de localização *indoor* e/ou *outdoor*.

Através de uma rede Wi-Fi é possível determinar a quantidade de dispositivos conectados a um determinado AP permitindo contabilizar, de forma simples, o número de passageiros a bordo e consequentemente otimizar o planeamento e qualidade dos transportes públicos.

³ www.marktest.com/wap/a/n/id~22a1.aspx

Hoje em dia esta é uma tecnologia bastante explorada, tanto para fins de localização como para fins de publicidade dirigida. Diversas empresas de transportes coletivos vêm a introduzir novas funcionalidades a bordo, desde serviços de televisão a serviços de *internet* gratuita para os passageiros. Esta última consiste apenas na instalação de um AP Wi-Fi, ligado a um router com interfaces de comunicações móveis 3G/4G.

Esta dissertação, “Gestão e monitorização de uma rede Wi-Fi para contagem de passageiros em transportes públicos”, foi desenvolvida para um projeto de duas empresas portuguesas, Card4B e GoTVee, que possuem projetos conjuntos com o objetivo de fornecer componentes de *software* e serviços especializados de soluções integradas de mobilidade, entre outros.

A solução foi planeada e desenvolvida com vista a garantir uma oferta de soluções inteligentes para transportes públicos de passageiros. Um dos fatores mais determinantes, que permite uma melhor gestão e monitorização da qualidade deste tipo de serviço, é ter conhecimento do número de passageiros que utilizam o sistema, em tempo real. Deste modo, as empresas que fornecem esse serviço podem concluir se os recursos que disponibilizam são suficientes ou exagerados de acordo com o fluxo de passageiros correspondente.

Para testar esta solução foi possível contar com o interesse por parte de uma empresa de transportes públicos, a Rodonorte, que manifestou o seu interesse em melhorar as condições dos seus veículos fornecendo acesso a rede Wi-Fi aos seus passageiros. A Rodonorte⁴ é uma empresa portuguesa fundada em 1865 e é responsável pelo transporte de cerca de 3,01 milhões de passageiros por ano, ao longo de cerca de 10,4 milhões de quilómetros percorridos pela sua frota.

A Rodonorte é responsável por servir principalmente os distritos de Vila Real, Bragança, Viseu, Porto e Braga. Faz toda a ligação do nordeste transmontano às principais cidades do centro e norte do país, como Guarda, Aveiro, Braga, Bragança, Amarante, Coimbra, Chaves, Viseu, Covilhã, entre outras.

Deste modo, foi possível testar o sistema num ambiente inter-urbano. No entanto, para um ambiente urbano este teste não foi possível, uma vez que nenhum dos clientes das empresas, GoTVee e Card4B, necessitava do serviço e assim, não foi manifestada intenção de realizar a implementação.

1.2 Objetivos

A presente dissertação visa o desenvolvimento de uma solução com o objetivo de efetuar, em tempo real, uma contagem de passageiros em autocarros. Assim, serão disponibilizados dados que permitam às empresas fornecedoras do serviço de transporte público de passageiros ter maior e melhor conhecimento da utilização de cada veículo.

Para tal é implementado um *router* Wi-Fi no interior de um autocarro da empresa Rodonorte cujos dados serão posteriormente analisados, com objetivo de contabilizar os seus passageiros.

⁴ www.rodonorte.pt/pt/empresa/sobre-nos/

1.3 Estrutura do documento

O documento encontra-se organizado em seis capítulos:

No **Capítulo 2**, é realizada a revisão bibliográfica necessária para a realização da dissertação. São analisados temas relativos à contagem de passageiros, os métodos e sistemas atuais, ao conceito de computação em nuvem e localização baseada em redes Wi-Fi.

No **Capítulo 3**, é descrita a arquitetura funcional do sistema, ou seja, é feita uma descrição das plataformas utilizadas. É também analisada a sua aplicabilidade a diferentes ambientes do serviço de transportes públicos de passageiros.

No **Capítulo 4**, é apresentada a proposta de solução para implementação, descrevendo as etapas necessárias para a correta elaboração da mesma. É realizada uma descrição da solução proposta (solução ótima).

No **Capítulo 5**, é realizada a análise dos dados recolhidos.

Finalmente, no **Capítulo 6**, são apresentadas as conclusões da dissertação, salientando o que de mais importante foi estudado e implementado, mas também possíveis desenvolvimentos futuros.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

2 Estado da Arte

Antes de avançar para a criação e implementação de uma solução é necessário perceber o tema com o qual se irá trabalhar. Assim, de seguida será feita uma pequena abordagem relativamente à área de contagem de pessoas, os seus métodos e sistemas atuais, bem como a seleção daquele que será o melhor sistema a implementar para o contexto pretendido. Neste capítulo surgirá também o conceito de *cloud computing* como método de armazenamento e análise de dados e uma breve revisão de um caso específico de implementação de uma solução semelhante à pretendida.

2.1 Métodos de Contagem de Passageiros

Sendo um dos objetivos finais desta dissertação melhorar a gestão e monitorização dos recursos utilizados e das necessidades dos utilizadores de transportes públicos, um dos fatores que permite fazer uma avaliação a esses parâmetros é o número de passageiros que, diariamente, usufrui desses mesmos serviços.

Atualmente muitas são as pessoas que utilizam autocarro como meio de transporte para se deslocarem, tanto no meio urbano como para viagens de longo curso. Assim, é necessário perceber se as condições que são fornecidas pelas empresas de transporte são adequadas e/ou suficientes para a procura existente. O número de passageiros que usufruem deste serviço pode ser contabilizado através de três métodos distintos: (1) realização de questionários aos próprios passageiros; (2) utilização de equipamentos instalados no interior do veículo; (3) fornecimento voluntário por parte do passageiro desses dados.

A primeira situação, correspondente à realização de questionários tende a apresentar elevados custos de execução pois obriga a que tanto o passageiro como alguém da respetiva empresa se encontrem sempre disponíveis para a sua realização e posterior análise dos dados. Além disso, não permitem recolha de dados em tempo real, fazendo com que esta seja reduzida apenas a uma pequena amostra de passageiros o que, consequentemente prejudica a qualidade dos resultados.

O segundo método é o mais utilizado atualmente, por ser de fácil utilização. Este método corresponde à instalação de equipamentos desenvolvidos especialmente para monitorização e recolha de dados como por exemplo o sistema de leitor de cartões presente nas entradas dos autocarros, utilizado para funções de bilhética, mas acaba por permitir também a contagem do número de entradas. No entanto, este método apresenta uma grande desvantagem no contexto permitido uma vez que, em ambiente urbano, não permite aferir o local exato de saída de cada passageiro.

Contrariamente aos métodos anteriormente mencionados, o terceiro método sugerido é aquele que, cada vez mais, se vai tornando a opção mais viável e utilizada, pelo facto da grande evolução e popularização dos *smartphones* a nível mundial. Neste tipo de método, os passageiros fornecem acesso aos seus *smartphones* para possibilitar a recolha de dados operacionais - *crowdsourcing*. Este conceito representa, de uma forma geral, a delegação de tarefas a anónimos em troca de vantagens. No entanto, a utilização de *crowdsourcing* depende da vontade dos utilizadores uma vez que estes contribuem para a recolha voluntariamente. [3]

Em conclusão, ao comparar todas as hipóteses existentes é possível determinar que a solução mais vantajosa e de maior aplicabilidade para o contexto em questão seria o terceiro método. Assim, combinando dois sistemas como os *smartphones* e as redes Wi-Fi que se encontram instaladas na grande maioria dos autocarros em Portugal é possível encontrar uma solução muito mais viável.

Localização Wi-Fi

Para facilitar a criação de uma solução, é necessário compreender as características das tecnologias que serão utilizadas, nomeadamente as características de uma rede Wi-Fi o que irá permitir perceber as suas capacidades e limitações no contexto de localização.

Características de uma rede Wi-Fi

Antes de mais é importante perceber o que é uma rede Wi-Fi e qual a origem das mesmas.

Uma rede Wi-Fi, tal como referido anteriormente, é composta por vários dispositivos que comunicam entre si, destacando as BS, que neste contexto específico serão os *smartphones*, e os APs. A comunicação entre estes componentes é conseguida através de sinais de radiofrequência.

Os sinais de radiofrequência quando captados por um recetor apresentam três atributos que podem ser importantes para efeitos de localização: o ângulo de chegada do sinal, ou seja, o ângulo de incidência no recetor; o instante de chegada do sinal, que pode ser utilizado para estimar o tempo de viagem entre o emissor e o recetor; a potência com que o sinal é recebido, isto é, o *Received Signal Strength Indication* (RSSI).

Assim, o modo de propagação destes sinais tem bastante influência no funcionamento do sistema de localização. Em ambientes fechados existem inúmeros obstáculos desde o emissor até ao recetor, tornando difícil de prever qual o caminho percorrido pelos sinais de radiofrequência uma vez que estes se propagam por múltiplos caminhos. Outra característica a ter em conta quando se avalia este tipo de rede é o alcance de cada um dos APs.

Técnicas de localização

Existem diversas técnicas que podem ser empregadas quando se pretende estimar a localização através dos sinais de radiofrequência, cada uma delas com as suas vantagens e desvantagens. Neste contexto, pretende-se localizar um autocarro em movimento, com algumas paragens.

A triangulação [4] pode ser utilizada de duas formas consoante a informação que é recebida. Caso seja considerado o ângulo de chegada do sinal, são necessários pelo menos dois pontos de referência, ou seja, dois APs cuja distância entre eles é conhecida. A posição do dispositivo é estimada formando um triângulo entre os APs e os respetivos ângulos de chegada. Esta técnica é conhecida com *Angle of Arrival* (AoA) e está representada na figura 3.

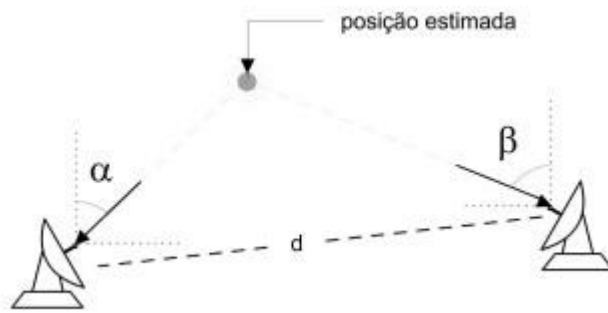


Fig. 3. Técnica de triangulação utilizando o ângulo de chegada – AoA.

Por outro lado, pode-se utilizar a técnica de trilateração [4], caso seja utilizado o tempo de chegada ou a potência para estimar a localização, é preciso que se conheçam três pontos de referência (APs) e os respectivos raios de alcance. O procedimento neste caso consiste em traçar uma circunferência em cada AP de acordo com o respectivo alcance, como está representado na figura 4. Como o resultado obtido pode apresentar alguma imprecisão é feita a média entre as possíveis posições estimadas.

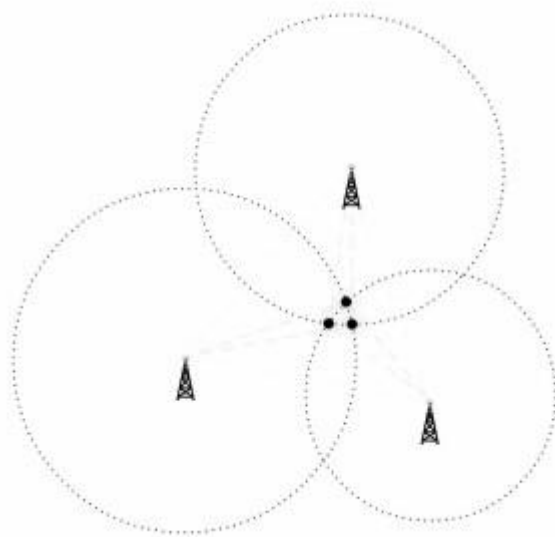


Fig. 4. Técnica de trilateração que utiliza a informação da distância entre o emissor e o receptor.

No entanto, no contexto pretendido, não é possível utilizar esta técnica uma vez que os autocarros possuem apenas um AP no seu interior o que impossibilita a triangulação ou trilateração que necessitam de pelo menos dois e três APs, respetivamente.

Recolha periódica de dados

Atualmente a recolha de dados relativos aos dispositivos ligados a um determinado AP apresenta alguns problemas. Ao efetuar a ligação entre um dispositivo móvel e um AP, cada dispositivo passa a ser representado e identificado através de um *Media Access Control Address (MAC Address)*, único para cada dispositivo.

Um *MAC Address* pode apresentar dois tipos que podem determinar a possibilidade da sua utilização para contagem de passageiros, neste contexto específico. Assim, um *MAC Address* pode ser:

- *Universally Administrated Address (UAA)* – é o tipo de endereço mais utilizado e é permanente, ou seja, é possível utilizar este tipo de endereço no contexto pretendido. Neste caso, o endereço é atribuído exclusivamente a um dispositivo pelo seu fabricante.
- *Locally Administrated Address (LAA)* – é atribuído localmente a um dispositivo pelo administrador da rede e, por isso, pode variar ao longo do tempo. Assim, para contagem de passageiros não permite uma contagem fidedigna.

Estes dois tipos de endereços são distinguidos através do segundo *bit* menos significativo do primeiro octeto do endereço. Assim, se esse número, em binário, for 1 significa que o endereço foi atribuído localmente e se for igual a 0 corresponde a um endereço atribuído universalmente, pelo fabricante.

[5]

Consideremos então o endereço 04-D1-3A-5C-B1-C0 como exemplo. Neste caso, o primeiro octeto corresponde a “04” cuja representação binária é “0000 0100”. O segundo *bit* menos significativo (segundo *bit* a partir da direita) é 0, o que significa que se trata de um endereço do tipo UAA.

2.2 Sistemas atuais de contagem de passageiros

Atualmente existem tecnologias implementadas com o objetivo de contabilizar pessoas em determinados contextos. No contexto pretendido, ou seja, para contagem de passageiros, em tempo real, de um determinado autocarro podem destacar-se dois tipos de sistemas [6]:

1. Sensores infravermelhos;
2. Sensor de vídeo e processamento de imagem.

Os sensores infravermelhos têm inúmeras vantagens, entre as quais o reduzido custo e tamanho, fácil instalação e confiabilidade. Estes fatores justificam a sua utilização em diversos sistemas de contagem. No entanto apresenta uma elevada sensibilidade ao ruído em situações com um elevado número de pessoas. Esta desvantagem torna o sistema inviável para o contexto pretendido uma vez que não é capaz de distinguir, de forma correta e inequívoca, entre um passageiro e um grupo de passageiros. Deste modo, não é um sistema fidedigno para contagem de passageiros num autocarro visto que é possível que em alguns casos exista entrada de mais do que uma pessoa em simultâneo.

Por outro lado, o sistema de contagem através de captura de imagens não é novidade nos dias de hoje, apresentando por isso várias técnicas desenvolvidas para lidar com o problema de contagem:

- **Deteção de movimento e técnicas baseadas em análise:** o primeiro passo desta técnica baseia-se em detetar movimento correspondente a indivíduos. De seguida, usar esses resultados para determinar a trajetória do movimento, com o objetivo de contar as pessoas que cruzaram uma determinada área ou linha virtuais predefinidas;
- **Técnicas baseadas em análise de arestas:** corresponde à extração de arestas para a deteção. Os objetos de interesse apresentam uma determinada forma e organização, correspondentes a um conjunto de arestas. No caso específico de contagem de pessoas, uma cabeça corresponde a uma forma circular;
- **Técnicas baseadas em modelos:** pretende encontrar regiões nas imagens processadas que correspondam a *templates* predefinidos. A grande desvantagem deste modelo é o facto de necessitar de uma grande base de dados de aprendizagem;
- **Técnicas espaciotemporais:** envolve a seleção de linhas de interesse nas imagens adquiridas e a sua organização no tempo. O segundo passo implica a aplicação de modelos estatísticos para determinar o número de pessoas que atravessam essas linhas, com o objetivo de determinar a

sua direção. Estas técnicas têm a vantagem de serem simples de implementar, no entanto, uma pessoa pode ser contabilizada várias vezes caso esteja parada.

Esta técnica, apesar das vantagens mencionadas anteriormente, apresenta um custo mais elevado, que neste caso específico não pode ser suportado pela empresa em questão.

2.3 Plataformas de Serviço na Nuvem (*Cloud Computing*)

Depois de concluída a fase correspondente à recolha de dados suficientes para a contagem de passageiros é necessário armazenar os mesmos para posterior observação e análise por parte das empresas correspondentes. O armazenamento deve ser feito da forma mais simples possível de modo a garantir que o seu acesso e manutenção é de fácil execução para todos os intervenientes no processo. Assim, surge o conceito de computação em nuvem, como forma de disponibilizar o acesso aos dados de forma mais simples e rápida.

Um dos pontos fundamentais abordado nesta dissertação é a Computação em Nuvem (Cloud Computing). Nos últimos anos tem-se assistido a um grande desenvolvimento na área da computação em nuvem e conseqüente aumento na sua utilização por parte de todas as empresas a nível mundial, uma vez que este serviço possibilita novas e melhores formas de computação.

Muitos são os estudos e pesquisas relacionados com este tema, no entanto não existe uma definição consensual para este conceito. A definição que recebeu aceitação por parte da respetiva indústria foi composta pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) em 2011 e define computação em nuvem como:

“A computação em nuvem é um modelo para permitir acesso omnipresente e conveniente à rede, a um conjunto compartilhado de recursos computacionais configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e libertados com o mínimo esforço de gestão ou interação com o fornecedor de serviços. Esse modelo de nuvem é composto por cinco características essenciais, três modelos de serviço e quatro modelos de implementação.” [7]

De um modo geral, computação em nuvem corresponde ao fornecimento de computação como um serviço, em que um conjunto de recursos físicos e/ou virtuais são compartilhados em vez de instalar *software/hardware* local. Deste modo, os clientes podem aceder aos serviços em qualquer sítio desde que possuam um *smartphone/laptop*. Na figura 5 é possível observar o modelo de Computação em Nuvem, composto por três modelos de serviço e quatro modelos de implementação, de acordo com o NIST [7].

Visual Model Of NIST Working Definition Of Cloud Computing
<http://www.csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/index.html>



Fig. 5. Modelo visual do conceito de *Cloud Computing*.

Modelos de Serviço

Segundo o NIST [7], existem três modelos de serviço:

O **Software as a Service (SaaS)** é um modelo de serviço destinado à utilização por parte do utilizador final. Corresponde à capacidade de fornecer acesso a um elevado número de aplicações de interesse comum para vários utilizadores cuja instalação no dispositivo pessoal não é necessária, uma vez que estas aplicações são fornecidas através da infraestrutura da *cloud*.

Neste modelo, o prestador de serviço é responsável pelo controlo e gestão da rede, servidores, armazenamento e sistemas operativos, libertando o utilizador dessas funções. Como exemplos de serviços deste tipo temos: e-mail, Google *docs*, entre outros.

A **Platform as a Service (PaaS)** corresponde à capacidade que o prestador de serviço tem de fornecer ao utilizador a possibilidade de desenvolver aplicações através de uma plataforma, ou adquirir aplicações já desenvolvidas.

O prestador de serviço é responsável pelo controlo e gestão da infraestrutura da rede, sistemas operativos, *software* de programação, servidores e armazenamento. Neste modelo, o utilizador é apenas responsável pelo controlo das aplicações por ele desenvolvidas e as respetivas configurações. Um exemplo deste tipo de serviço é o *International Business Machines (IBM) Bluemix*.

Finalmente existe a **Infrastructure as a Service (IaaS)**, onde o utilizador não tem qualquer tipo de controlo sobre a infraestrutura física, no entanto tem controlo sobre os sistemas operativos, armazenamento, aplicações instaladas e em alguns casos, controlo limitado dos recursos de rede,

através de ferramentas de virtualização. Neste tipo de serviço podemos destacar como soluções o caso do *Microsoft Azure* e da *Amazon Web Services (AWS)*.

Assim, na figura 6 é possível observar-se as características de cada um dos modelos de serviço descritos anteriormente.

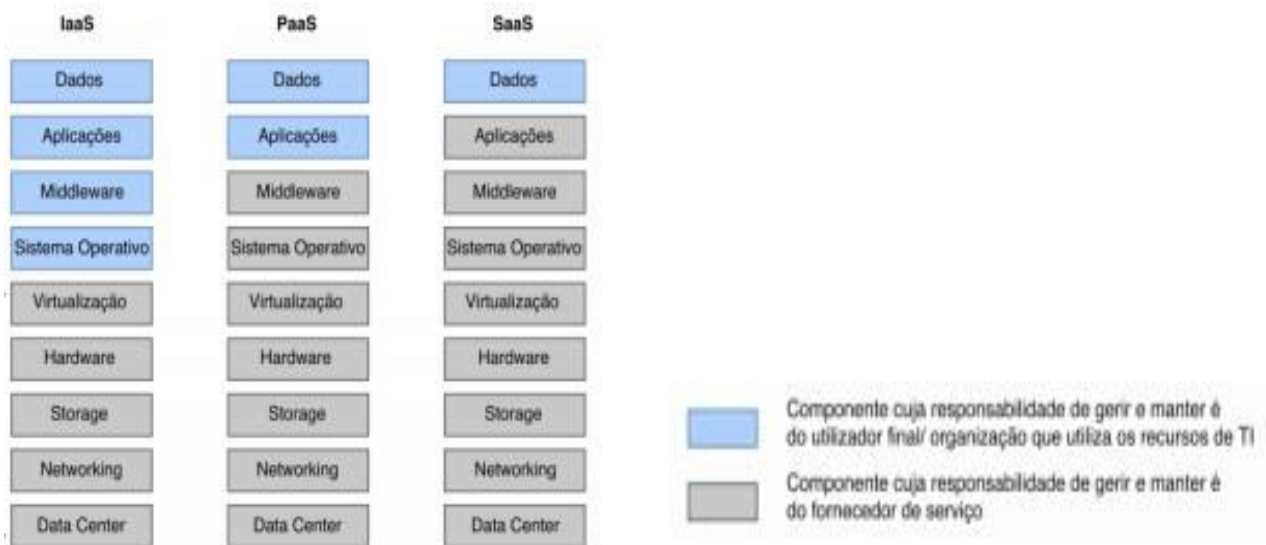


Fig. 6. Comparação entre os três modelos de serviço.⁵

Modelos de Implementação

De acordo com o NIST [7], podemos distinguir quatro modelos de implementação distintos. Estes modelos dependem das necessidades das aplicações implementadas e podem ser divididos em: *Public Cloud*, *Private Cloud*, *Community Cloud*, e *Hybrid Cloud*.

No modelo de implementação *Public Cloud (Cloud Pública)*, a infraestrutura da *cloud* é disponibilizada para uma utilização aberta, isto é, sem exceções, do público em geral. É utilizado um sistema de *pay-per-use*, ou seja, o utilizador paga apenas aquando a utilização de um serviço.

Apesar deste modelo ser fornecido por terceiros, a sua gestão é feita pelo respetivo provedor de serviço, tendo estes a responsabilidade de instalação, gestão e manutenção do mesmo. Trata-se de um modelo com um baixo custo de implementação e de rápido funcionamento, visto que os utilizadores não necessitam de fazer qualquer tipo de investimento, tanto a nível de *software* como a nível de *hardware*.

⁵ <http://cloudlighthouse.be/cloud/service-models/>

No sentido oposto temos a *Private Cloud* (**Cloud Privada**) cuja infraestrutura é utilizada, unicamente, por uma única organização, para uso exclusivo da mesma. Este modelo pode ser gerido pela própria organização, por terceiros (*outsourcing*), ou por uma combinação de ambos.

Comparado com o modelo anterior, este oferece um nível de segurança, privacidade, controlo de dados e estabilidade muito maior. Por outro lado, o custo de manutenção é superior, uma vez que os custos da infraestrutura e o *software* são suportados por uma única organização.

Combinando os dois modelos descritos anteriormente obtemos uma *Hybrid Cloud* (**Cloud Híbrida**), que permite às organizações tirar o máximo partido possível dos dois modelos, conjugando as suas necessidades com as características de cada modelo.

Deste modo, a *cloud* pública pode ser usada para casos não-críticos, ou seja, casos em que não exista necessidade de garantir privacidade e controlo dos dados, e com elevada necessidade de transferência de dados. Por outro lado, a *cloud* privada deve ser utilizada ao lidar com dados mais sensíveis. Este modelo permite conjugar a fiabilidade de uma *cloud* privada com a elevada escalabilidade de uma *cloud* pública.

Finalmente temos a *Community Cloud* (**Cloud Comunitária**), cuja infraestrutura da *cloud* é partilhada por uma comunidade de organizações com interesses em comum, como os requisitos de segurança, política de privacidade, etc. Esta é disponibilizada para uso exclusivo de organizações de uma determinada comunidade.

A gestão e manutenção deste tipo de *cloud* pode ser da responsabilidade de uma ou mais organizações da comunidade, de terceiros (*outsourcing*), ou de uma combinação de ambos.

Análise SWOT

De seguida é apresentada, na tabela 1, uma análise de **Strengths** (Pontos fortes), **Weaknesses** (Pontos fracos), **Opportunities** (Oportunidades) e **Threats** (Ameaças) – SWOT- relativo às características que definem o conceito de computação em nuvem.

Tabela 1. Análise SWOT do conceito de computação em nuvem. [8]

<p>Pontos Fortes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escalabilidade e elasticidade por alocação rápida de recursos; - Redução de custos para o utilizador final; - O acesso e gestão do sistema são disponibilizados pelos fornecedores; - Potencia a mobilidade e acessibilidade à informação. 	<p>Pontos Fracos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os fornecedores não garantem funcionamento total, todos os dias do ano, o que pode ser insuficiente no meio empresarial; - Possibilidade de falha nos serviços disponibilizados; - Os consumidores podem perder o controlo dos dados que possuem alocados na <i>cloud</i>.
<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sem necessidade de gastos iniciais, uma vez que não precisa de infraestrutura física; - Redução do consumo energético e de recursos físicos. 	<p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dependência dos fornecedores dos serviços; - Preocupação com a disponibilidade, segurança e desempenho dos serviços;

2.4 Protocolo MQTT

Para garantir a integração de vários dispositivos numa rede é necessário utilizar um protocolo de comunicação padrão. Tal como foi mencionado anteriormente, neste caso será utilizado o protocolo MQTT, uma vez que é o protocolo preferencialmente utilizado para a comunicação entre as plataformas IBM *Bluemix* e Node-RED. Este protocolo foi introduzido por Andy Stanford-Clark da IBM e Arlen Nipper em 1999. [9]

O MQTT funciona sobre um protocolo TCP e baseia-se num padrão *publish/subscribe*. Foi projetado com o objetivo de ser aberto e de fácil implementação, dando possibilidade a vários clientes acederem ao mesmo servidor. [10]

Tal como está representado na figura 21, o protocolo MQTT consiste em três componentes: *publisher*, *subscriber* e *broker*.

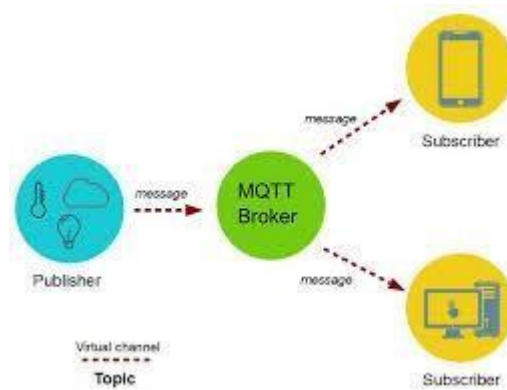


Fig. 21. Arquitetura do protocolo MQTT.

O *publisher* é o dispositivo que se liga ao servidor com o objetivo de enviar informações, enquanto o *subscriber* é o dispositivo que se conecta e seleciona as informações que pretende receber. O servidor que faz esta ligação, entre ambos os dispositivos, é o *broker*. Este é responsável por receber e organizar as mensagens recebidas pelo *publisher* e enviá-las para o *subscriber*. O MQTT permite ainda que um cliente seja, em simultâneo, um *publisher* e um *subscriber*. [10]

Uma vez que as mensagens estão organizadas por tópicos, ao enviar uma mensagem, o *publisher* deve identificar o tópico da mesma. Do mesmo modo, o *subscriber* pode inscrever-se em um ou mais tópicos sobre os quais tenha interesse em receber mensagens. Assim, sempre que um *publisher* transmitir uma informação, esta será enviada aos *subscribers* interessados através do *broker*. [10] A figura 22 ilustra o processo descrito.

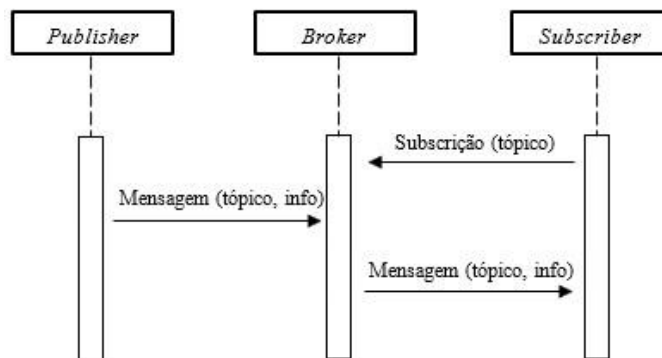


Fig. 22. Processo *publisher/subscriber* usado pelo MQTT.

Este protocolo é adequado para dispositivos de recursos limitados e redes com baixa largura de banda. [10] Este baseia-se em alguns conceitos básicos que devem ser cumpridos para garantir que o protocolo funciona de forma simples e que as mensagens são entregues:

- **Modelo *publish/subscribe*:** são publicadas mensagens e é feita assinatura de tópicos;
- **Tópicos e Assinaturas:** as mensagens MQTT quando publicadas são referentes a um determinado tópico. Estes são formados por palavras, separadas através de “/”. Os clientes podem assinar diferentes tópicos utilizando “#” e “*”, com o objetivo de receber mensagens relacionadas com os mesmos;
- **Sessões limpas e conexões duráveis:** assim que um cliente se conecta ao servidor, este recebe informação relativa ao parâmetro *clean session*. Este parâmetro indicia se as assinaturas do cliente são removidas no final da conexão ao servidor, caso o seu valor seja *true*, ou se permanecem e a ligação é tratada como durável caso esse valor seja *false*;
- **Qualidade do Serviço (Quality of Service - QoS):** são definidos três níveis de qualidade de serviço, onde cada nível indica o esforço do servidor para garantir a entrega da mensagem. No QoS 0, a mensagem é enviada uma única vez, sem necessidade de ter conhecimento da entrega da mensagem; no nível QoS 1, a mensagem é entregue pelo menos uma vez, ou seja, há garantia de que esta é entregue, mas pode ser repetida; no nível QoS 2, é garantido que o recetor recebe a mensagem apenas uma vez.
- **Mensagens retidas:** as mensagens são armazenadas mesmo depois de enviadas para o cliente. Assim, quando é feita uma nova assinatura para o mesmo tópico, qualquer mensagem que tenha sido retida é enviada para esse novo assinante.

2.5 Trabalhos relacionados

Sistemas de localização baseados em redes Wi-Fi

De seguida são referidos alguns trabalhos desenvolvidos anteriormente baseados em localização de dispositivos, em ambiente fechado, dentro de uma rede Wi-Fi.

RADAR

O RADAR [11] é um sistema de localização e posicionamento cujo funcionamento poderia ser dividido em duas fases distintas. A primeira fase, também designada por fase *offline*, consiste no treino do sistema através do registo de valores RSSI em estações cujos recetores são fixos. Posteriormente, numa segunda fase, a fase *online*, os dados que são recolhidos em tempo real são comparados aos que estavam anteriormente armazenados, sendo possível retornar uma estimativa da posição. Da fase de treino, resulta um mapa de RSSI que serve como suporte para a fase seguinte.

O método de localização aplica um modelo matemático baseado nas posições que são recolhidas na fase offline, provenientes de três pontos de acesso. Esse método é designado por *k-Nearest Neighbor* (kNN).

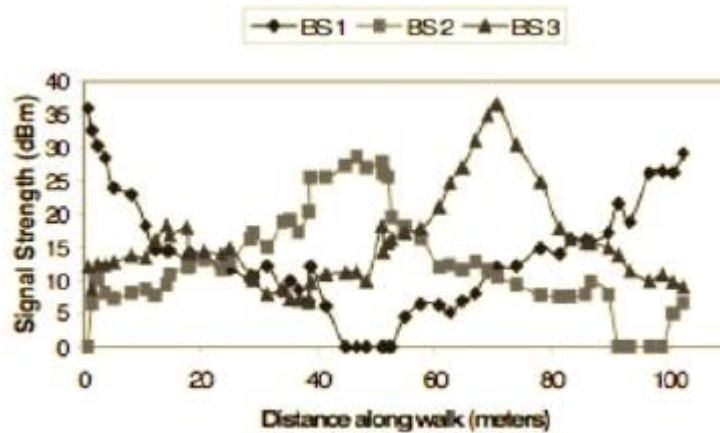


Fig. 7. Relação entre a distância aos APs e os valores de RSSI. [11]

Tal como é possível comprovar na figura 7, os sinais Wi-Fi têm um comportamento bastante imprevisível sendo possível afirmar que a atenuação da potência não se deve apenas à distância. Assim, um outro fator que pode condicionar esta técnica é a estrutura do local que se pretende analisar uma vez que a presença de portas, paredes e outros objetos podem influenciar o valor de RSSI obtido. [11]

Cisco Wireless Location Services

Em 2006 foi desenvolvido, pela Cisco⁶, um sistema de localização fácil de instalar e capaz de funcionar completamente nos equipamentos da rede.

No entanto, este sistema apresentava obstáculos no que diz respeito à estrutura da rede. Em primeiro lugar, os APs têm obrigatoriamente que ser Cisco de forma a serem configurados para trabalhar com o *Cisco Wireless Control System* (WCS) o que se torna uma limitação para a instalação em vários locais cujos APs pertencem a diversos fabricantes. Outro requisito prende-se com a necessidade da presença do WCS cujo objetivo passa por calcular a posição dos dispositivos móveis na rede Wi-Fi.

De seguida são apresentados os cinco métodos permitidos por este sistema:

⁶ Wi-Fi Location-Based Services - Design and Deployment Considerations; Disponível em: <https://docstore.mik.ua/univercd/cc/td/doc/solution/wifidesi.pdf>

- **Célula de origem:** utiliza a área de cobertura do AP para determinar a posição aproximada do dispositivo móvel, sendo que a sua precisão depende da área de cobertura do AP;⁶
- **Received Signal Strength Indicator (RSSI):** baseia-se na potência do sinal de um dispositivo móvel em relação a um AP, determinando assim a distância entre ambos. Aplica um método de triangulação através dos valores recolhidos de três APs [9], obtendo uma estimativa para a localização;⁶
- **Time of Arrival (ToA):** o modo de funcionamento é semelhante ao método anterior, no entanto neste caso a distância é calculada através do tempo que o sinal demora a chegar do emissor ao recetor [16]. Este método pode falhar caso os equipamentos não estejam completamente sincronizados;
- **Time Difference of Arrival (TDoA):** como forma de viabilizar o método anterior surge este como uma melhoria, ou seja, são consideradas as diferenças no tempo de chegada entre o dispositivo e no mínimo três APs;⁶
- **Angle of Arrival (AoA):** a posição do dispositivo móvel é calculada com base no ângulo de incidência do sinal recebido. São necessários pelo menos dois APs para determinar essa posição, sendo que a posição estimada do dispositivo corresponde à interseção das retas formadas pelos ângulos de incidência.⁶

Soluções atuais

Transportes Urbanos de Braga (TUB)

Existem atualmente soluções implementadas que utilizam o conceito de *cloud computing* para melhorar a qualidade e eficiência dos serviços prestados. No contexto de serviços de mobilidade e transportes públicos pode destacar-se a empresa Transportes Urbanos de Braga (TUB).

A TUB é uma empresa municipal, da cidade de Braga, que transporta cerca de 11 milhões de passageiros por ano.⁷ Estima-se que cerca de 40 por cento destes passageiros tem menos de 29 anos. Esta empresa tinha a necessidade de integrar a enorme quantidade de dados que recebia de vários sistemas de informação de modo a construir uma organização mais inteligente e assim, melhorar a manutenção e operação do sistema de transporte no dia-a-dia.

Atualmente, a TUB utiliza a plataforma IBM *Intelligent Operations Center* (IOC) juntamente com os recursos oferecidos pela plataforma IBM *Watson*. Deste modo, é recolhida uma enorme quantidade de dados, proveniente de várias fontes, desde mapas de localização geográfica, clima, internet e bilhética, como forma de melhorar a experiência individual e coletiva dos passageiros.

Esta solução apresenta vários componentes inovadores e serviços⁷:

- **Geolocalização do autocarro:** através da integração da IBM IOC e da IBM IoT, o centro da operação irá conhecer em tempo real a localização do veículo, o que lhe permite saber se a rota e horários do mesmo estão a ser cumpridos;

⁷ <https://wintech.pt/w-business/24181-tub-utilizam-ibm-internet-of-things-para-personalizar-os-transportes-publicos>

- **Wireless Access Point:** utilizando a conexão 4G existente, os passageiros têm acesso à internet através de uma rede Wi-Fi, podendo esta rede ser também utilizada para manutenção e sistema de bilhética;
- **Integração com telemetria do veículo:** a solução da IBM irá receber informações sobre o motor do veículo e fornecê-las ao centro de operação da cidade, permitindo que os responsáveis locais entendam melhor um conjunto de padrões, como os comportamentos do motorista, o consumo de combustível, a velocidade, prever e antecipar os problemas de manutenção do veículo bem como outros dados importantes do ciclo de vida do autocarro.

MoovManage – Plataforma de Contagem de Passageiros usando Wi-Fi

A Card4B possui, atualmente, uma plataforma de gestão e monitorização de tráfego de redes Wi-Fi para contagem de passageiros dos autocarros. A plataforma *MoovManage* foi desenvolvida pela Icomera cujo principal objetivo é fornecer soluções de conectividade aos seus clientes. Na figura 8 é possível observar os dados operacionais que são recolhidos através da ligação entre os dispositivos e a rede.

Session Time ▼	Session Length	Download	Upload	User MAC
2019-05-30 14:34:09	0d 00:00:00	0 Bytes	0 Bytes	14-1A-A3-49-8F-5E
2019-05-30 14:32:13	0d 00:00:00	0 Bytes	0 Bytes	AC-5F-3E-62-0D-20
2019-05-30 14:27:44	0d 00:00:00	0 Bytes	0 Bytes	44-C3-46-4D-25-42
2019-05-30 14:27:25	0d 00:00:00	0 Bytes	0 Bytes	F4-F5-24-14-06-83
2019-05-30 14:26:08	0d 00:00:00	0 Bytes	0 Bytes	2C-F0-A2-73-5C-6C
2019-05-30 14:25:04	0d 00:10:00	6.2 MB	644.2 KB	44-6E-E5-F9-D0-E3
2019-05-30 13:44:00	0d 00:34:59	9 MB	1.6 MB	D0-E7-82-E0-EB-AB
2019-05-30 13:03:47	0d 01:30:00	289.9 MB	34.5 MB	90-94-97-0C-84-3E
2019-05-30 12:47:47	0d 01:04:54	59 MB	7.1 MB	70-4D-7B-40-62-A8
2019-05-30 12:33:56	0d 02:00:00	341.3 MB	13 MB	80-4E-70-FF-29-C2
2019-05-30 12:08:17	0d 00:13:38	7.9 MB	749.1 KB	C0-9A-D0-0B-FA-9C
2019-05-30 12:07:27	0d 00:13:53	7.7 MB	267.3 KB	BC-A5-8B-9B-F7-47
2019-05-30 12:05:51	0d 00:30:00	600.2 KB	82.9 KB	70-28-8B-4E-37-96
2019-05-30 11:55:59	0d 02:34:19	198.4 MB	13.2 MB	B4-F7-A1-D6-94-48
2019-05-30 11:53:53	0d 02:37:18	109.5 MB	12.1 MB	B0-55-08-85-49-F5

Fig. 8. Dados apresentados na plataforma *MoovManage*.

O método utilizado neste caso é o mesmo que se pretende utilizar na solução que será proposta. No entanto, esta solução atual não é viável uma vez que é fornecida por uma empresa externa, apresentando por isso um custo mais elevado de manutenção.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

3 Arquitetura Funcional

Na presente dissertação pretende-se integrar diferentes plataformas e tecnologias colocando-as a funcionar em conjunto. Assim, neste capítulo será feita uma abordagem a essas mesmas tecnologias, ao seu funcionamento e características.

A arquitetura funcional do sistema a implementar consiste na seguinte sequência de passos:

1. **Captura/Registo de dispositivos** – ao entrar no autocarro, o dispositivo do passageiro é detetado pelo AP instalado e este é imediatamente identificado através de um *MAC Address*;
2. **Armazenamento dos dados** – os dados recolhidos pelo AP são armazenados num servidor interno da empresa;
3. **Transferência de dados para a plataforma** – as informações correspondentes a cada dispositivo são enviadas para a plataforma da empresa, onde são filtrados os dados;
4. **Exportação e análise dos dados** – finalmente, os dados são exportados para um ficheiro Excel, e filtrados de acordo com as necessidades e pedidos da empresa que contratou o serviço.

As tecnologias apresentadas de seguida são responsáveis pela implementação da arquitetura apresentada.

3.1 IBM Bluemix

Com o sucesso do modelo de serviços na *cloud*, alguns fornecedores deste tipo de serviço têm vindo a evidenciar-se cada vez mais, pela variedade de opções/serviços que oferecem. Estes podem diferenciar-se entre si através dos tipos de infraestruturas fornecidos, serviços e segurança. Esta secção será focada num fornecedor específico cujos serviços foram utilizados na realização deste trabalho – IBM.

A IBM criou recentemente uma plataforma que permite a criação, implementação e gestão de aplicações de forma rápida e fácil através das organizações/empresas designada IBM *Bluemix*. Esta plataforma pode ser enquadrada num dos tipos de serviço descritos anteriormente, mais concretamente no tipo de serviço *PaaS*.

Com características similares ao IBM *Bluemix* existem também plataformas como o *Amazon AWS* e o *Microsoft Azure*, serviços que também seriam suficientes para o trabalho pretendido. No entanto, a

escolha do IBM *Bluemix* deve-se à existência de uma licença de pesquisa para a utilização deste serviço.

O painel principal do IBM *Bluemix*⁸ está representado na figura 9, e permite aceder a todos os serviços e plataformas adquiridos, bem como configurar novos serviços e criar novas aplicações. O IBM *Bluemix* apresenta, entre outros, serviços de infraestrutura, cognitivos e de internet das coisas.

The screenshot shows the IBM Bluemix dashboard interface. At the top, there is a navigation bar with 'IBM Cloud', 'Catalog', 'Docs', 'Support', and 'Manage'. A search bar is on the right, and the user's name 'Marta Bernardo's Acco...' is visible. Below the navigation bar, the main content area is titled 'Painel'. It features several filter tabs: 'RESOURCE GROUP' (All Resources), 'CLOUD FOUNDRY ORG' (All Organizations), 'CLOUD FOUNDRY SPACE' (All Spaces), 'LOCATION' (All Locations), and 'CATEGORY' (All Categories). A search input field 'Filter by resource name...' and a 'Create resource' button are also present. The dashboard is divided into two main sections: 'Aplicativos Cloud Foundry' and 'Serviços'. The 'Aplicativos Cloud Foundry' section contains a table with columns: Nome, Região, Organização CF, Espaço CF, Memória(MB), and Status. One application, 'node-red', is listed with a status of 'Em Execução (0/1)'. The 'Serviços' section contains a table with columns: Nome, Localização, Grupo de Recur..., Plano, Detalhes, and Oferta de servi... Four services are listed: 'Cloudant-rg', 'Continuous Delivery', 'KnowledgeCatalog', and 'WatsonSturdin', all with a status of 'Provisionado'.

Nome	Região	Organização CF	Espaço CF	Memória(MB)	Status
node-red	Londres	marta.bernardo...	dev	256	Em Execução (0/1)

Nome	Localização	Grupo de Recur...	Plano	Detalhes	Oferta de servi...
Cloudant-rg	Londres	Default	Lite	Provisionado	Cloudant
Continuous Delivery	Washington DC	Default	Lite	Provisionado	Continuous Deli...
KnowledgeCatalog	Dallas	Default	Lite	Provisionado	Knowledge Cata...
WatsonSturdin	Dallas	Default	Lite	Provisionado	Watson Sturdin

Fig. 9. Painel do IBM *Bluemix*.

Para este trabalho foi utilizado o IBM *Bluemix* juntamente com a plataforma *Node-RED*, que será descrita de seguida, que realiza tanto ações de controlo como comunicação entre dispositivos.

⁸ <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/get-started>

O IBM *Bluemix* oferece serviços de nível básico e empresarial necessários para as organizações de modo a que as suas aplicações estejam sempre disponíveis para serem utilizadas pelos clientes a qualquer momento. Uma vez que é uma plataforma de código aberto, garante flexibilidade para integrar desenvolvimentos e serviços adaptados às necessidades de cada utilizador.

Plataforma Node-RED

Node-RED é uma ferramenta de programação utilizada para conectar dispositivos de *hardware*, *Application Programming Interfaces* (APIs) e serviços *online*, de novas e interessantes formas. Esta fornece um editor baseado em *browser*, o que torna o processo mais fácil e possui um vasto diretório de nós que podem ser utilizados com um simples clique.⁹ A figura 10 mostra a interface da ferramenta com o diretório de nós representado à esquerda, o editor no centro e as informações e *debug* de testes à direita.

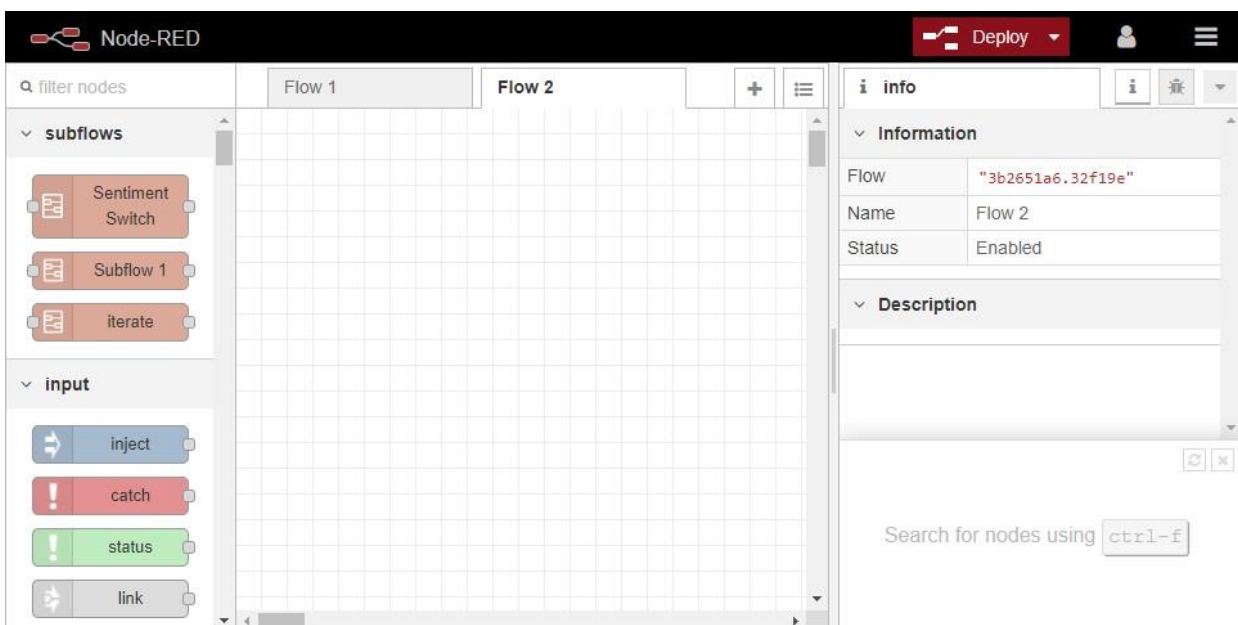


Fig. 10. Interface da ferramenta Node-RED.

A ferramenta é construída em Node.js, tornando-a ideal para *hardware* de baixo custo e para a *cloud*. Adicionalmente podem ser criadas funções em *JavaScript* através de um editor de texto.⁹

Neste projeto em específico, a plataforma Node-RED é utilizada para conectar a plataforma de *cloud*, ou seja, o IBM *Bluemix*, com dispositivos de *hardware* utilizando um protocolo de comunicação designado *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). A ferramenta tem a capacidade de receber e processar informação recebida, bem como enviar comandos aos dispositivos de *hardware*.

⁹ <https://nodered.org/>

Existem oito categorias principais de nós: *input*, *output*, *function*, *social*, *storage*, *analysis*, *advanced* e *Raspberry Pi*.¹⁰

A figura 11 mostra os nós das quatro primeiras categorias nomeadas.

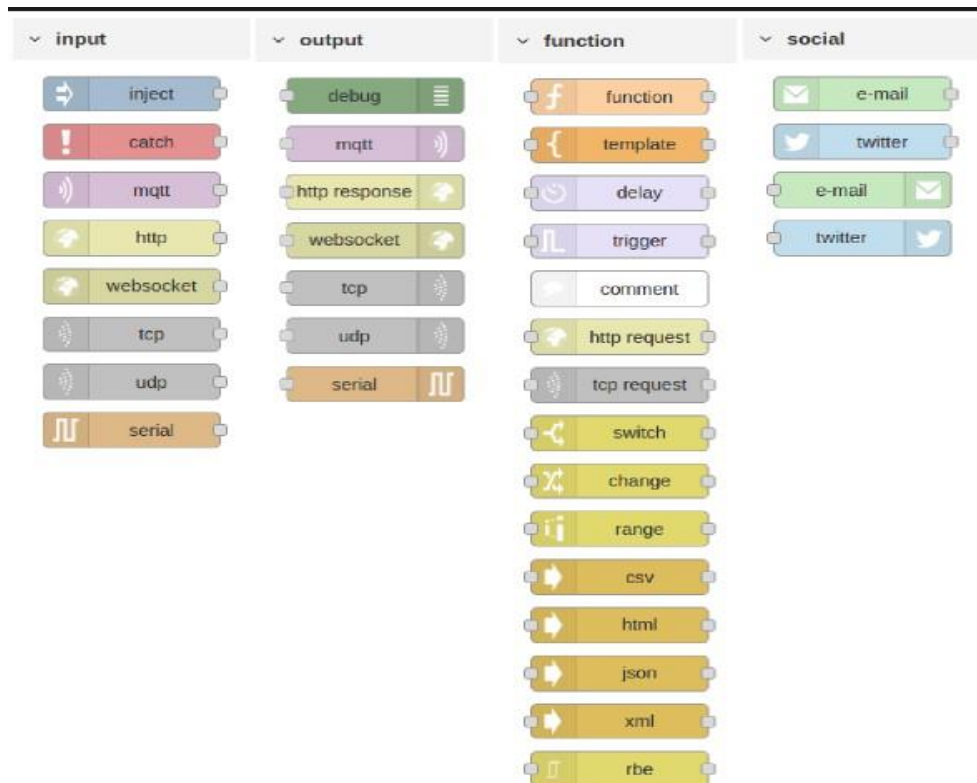


Fig. 11. Conjunto de nós *input*, *output*, *function* e *social*.¹⁰

No conjunto de nós do tipo *input* existem sete nós básicos e correspondem aos mecanismos básicos de comunicação que as aplicações baseadas em *Internet of Things* (IoT) usam habitualmente.

Os nós do tipo *output* são basicamente o contrário dos anteriores, ou seja, fornecem uma forma de enviar dados utilizando os mesmos protocolos.

Relativamente aos nós do tipo *function*, este conjunto possui uma grande variedade de nós que consistem em funções específicas. Existem doze nós neste conjunto e podem variar de um simples nó que introduz atraso no sistema até um nó programável que pode ser adaptado a praticamente qualquer necessidade de programação.

O conjunto de nós do tipo *social* permite interação com o *e-mail* e com o *Twitter*, sendo este conjunto composto por quatro nós básicos.

¹⁰ <http://noderedguide.com/node-red-lecture-4-a-tour-of-the-core-nodes/>

Quanto aos restantes conjuntos de nós, estão representados na figura 12.

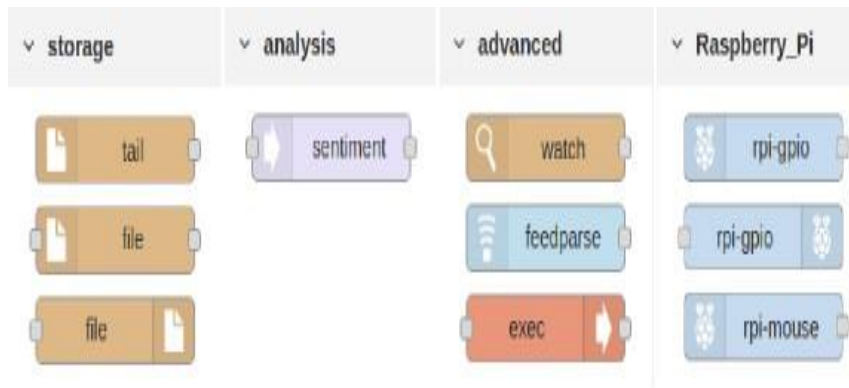


Fig. 12. Conjunto de nós *storage*, *analysis*, *advanced* e *Raspberry Pi*.

Os nós do tipo *storage*, como o próprio nome indica são utilizados para armazenamento de informação uma vez que os dispositivos de *hardware* podem ser limitados relativamente ao espaço de armazenamento disponível. Neste conjunto existem três tipos de ficheiros de armazenamento disponíveis.

Tal como o nome indica, os nós do tipo *analysis* são responsáveis por analisar as mensagens recebidas. O nó básico deste conjunto permite analisar, por exemplo, o sentimento de uma determinada mensagem recebida, com base nas palavras utilizadas na mesma.

Os nós *advanced* correspondem a nós com diferentes funcionalidades, sendo que o conjunto básico possui três desses nós.

Por fim temos os nós do tipo *Raspberry Pi*, que correspondem a um conjunto de três nós responsáveis por receber e/ou enviar informação para um *Raspberry Pi*.

Exemplo de integração entre IBM *Bluemix* e Node-RED

Nesta aplicação serão utilizadas a plataforma IBM *Bluemix*, com o seu simulador de sensores IoT, e a plataforma Node-RED cujos funcionamentos gerais foram abordados anteriormente. O exemplo corresponde a um monitor de temperatura e humidade, em tempo real, que envia uma mensagem diferente consoante o valor recolhido pelo sensor.

Neste exemplo não será utilizado um dispositivo físico, mas sim o simulador de sensores IoT disponibilizado pela plataforma IBM *Watson IoT*. Ao aceder ao simulador, é gerado um identificador

único aleatório que será utilizado mais tarde para a configuração da aplicação. Na figura 13 está representada a simulação do sensor a ser utilizado para este exemplo.

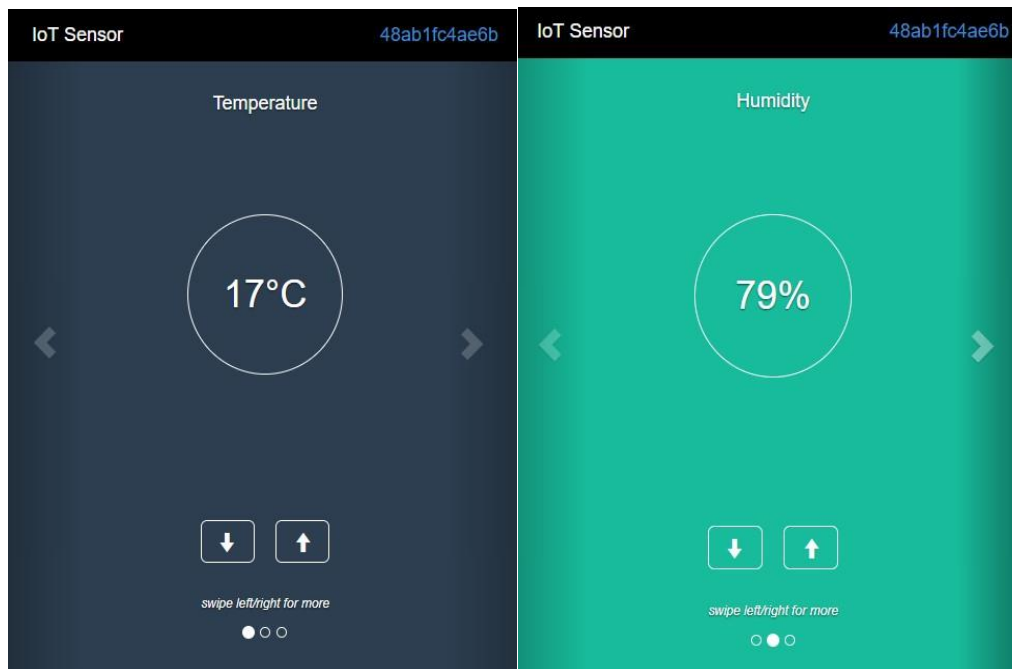


Fig. 13. Simulador de sensor de temperatura e humidade.

Tal como foi mencionado anteriormente, o simulador gera um identificador único. Assim, o utilizador necessita apenas de aceder à plataforma IBM *Watson* lot que possui uma funcionalidade de *quickstart* que permite visualizar os dados enviados pelo sensor, utilizando esse mesmo identificador. Nas figuras seguintes (figuras 14 e 15) é possível observar os dados enviados para a plataforma, em tempo real.



Fig. 14. Resultados em tempo real de temperatura.



Fig. 15. Resultados em tempo real de humidade.

Posteriormente, na plataforma Node-RED é desenhado o *flow* da aplicação, representado na figura 16. O utilizador tem ainda que configurar cada um dos nós que compõem o diagrama.

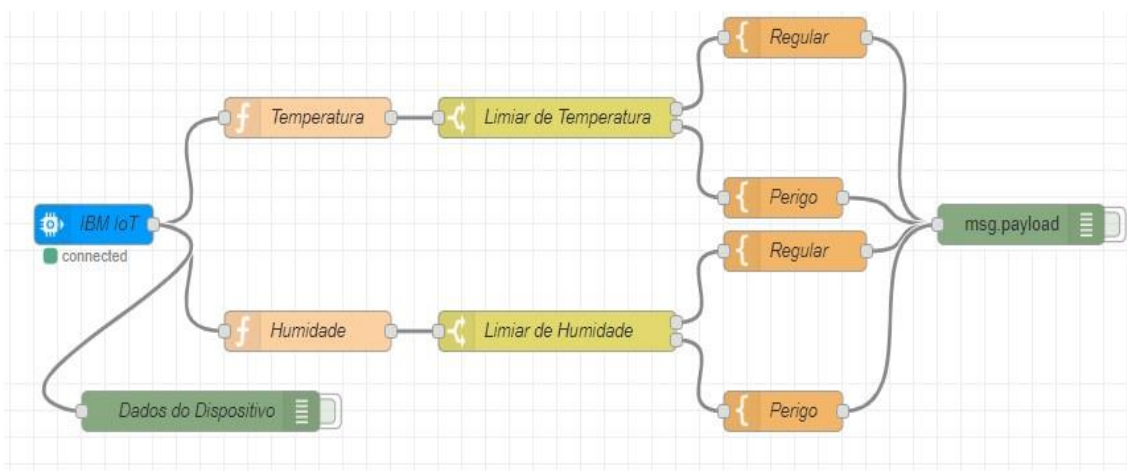


Fig. 16. Flow da aplicação.

O primeiro passo consiste na configuração do primeiro nó, representado mais à esquerda, que corresponde à ligação ao sensor. Esta configuração está representada na figura 17.

The screenshot shows a configuration window titled "Edit ibmiot in node". At the top, there are three buttons: "Delete", "Cancel", and "Done". Below this is a "Properties" section with four rows of configuration options:

- Authentication:** A dropdown menu set to "Quickstart".
- Input Type:** A dropdown menu set to "Device Event".
- Device Id:** A text input field containing the hexadecimal string "48ab1fc4ae6b".
- Name:** A text input field containing "IBM IoT".

Fig. 17. Configuração do nó IBM IoT.

De seguida, os nós de função, designados por **Temperatura e Humidade**, são configurados de forma a recolherem a temperatura e humidade do sensor, respetivamente. Assim, para obter essa informação é necessário escrever o seguinte código nos respetivos nós:

```
return {payload:msg.payload.d.temp}; return
{payload:msg.payload.d.humidity};
```

Por fim, basta configurar os nós de *switch* e *template* que irão funcionar como filtros de valores. Os valores são exibidos de forma diferente consoante a regra codificada no nó *switch*. Neste exemplo em específico as regras definidas foram estão representadas no diagrama seguinte (figura 18):

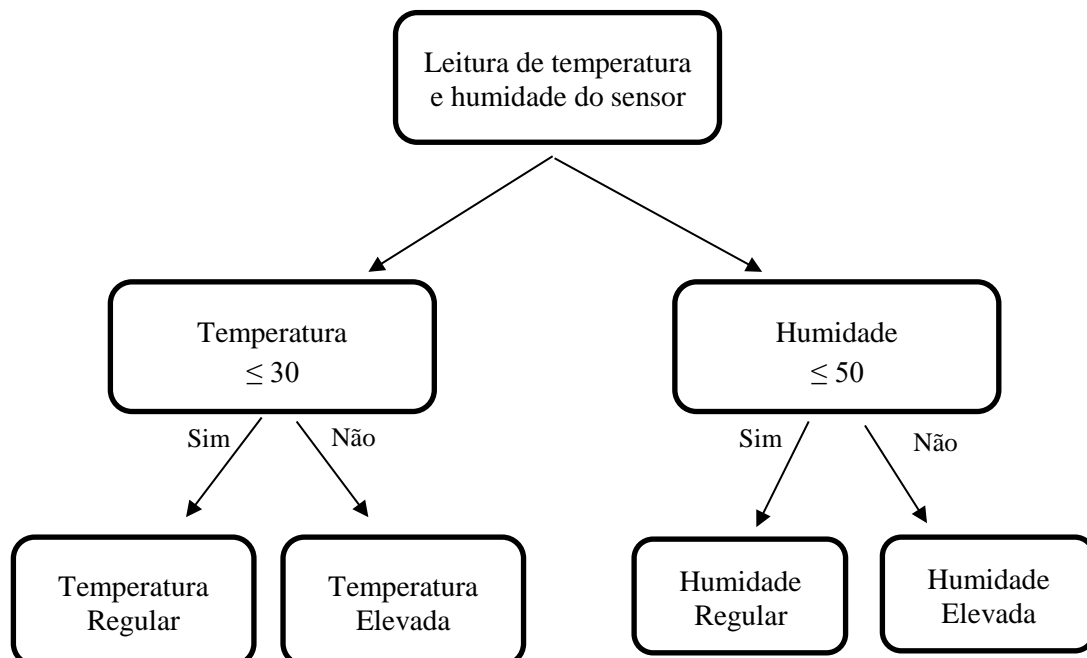


Fig. 18. Comportamento esperado pela aplicação.

Para atingir o comportamento esperado da aplicação, representado anteriormente, a configuração dos nós *switch* devem ser as seguintes (figura 19):

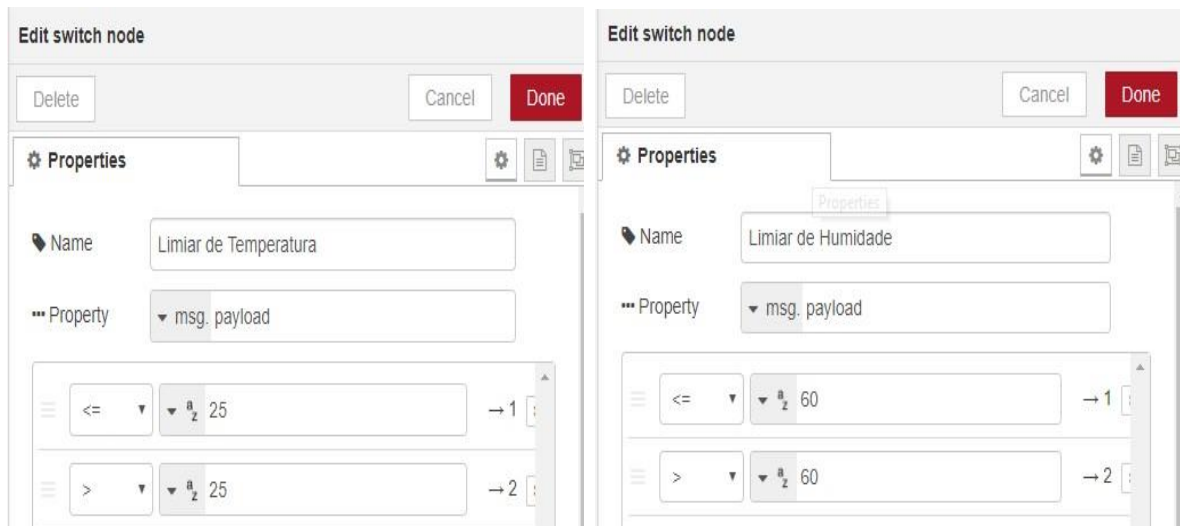


Fig. 19. Configurações dos nós *switch*.

Na figura seguinte (figura 20) é possível observar o resultado final e o funcionamento da aplicação desenvolvida. Num dos casos o limiar de temperatura é ultrapassado e o de humidade não, e viceversa no segundo caso. As mensagens enviadas são configuradas nos nós *template*.

06/05/2019, 15:19:28 node: 4fc16922.bb19f8 msg.payload : string[27] "Temperatura Elevada: 31 !!!"	06/05/2019, 16:03:50 node: 4fc16922.bb19f8 msg.payload : string[24] "Humidade Elevada: 67 !!!"
06/05/2019, 15:19:28 node: 4fc16922.bb19f8 msg.payload : string[20] "Humidade Regular: 48"	06/05/2019, 16:03:52 node: 4fc16922.bb19f8 msg.payload : string[23] "Temperatura regular: 22"

Fig. 20. Resultados obtidos.

4 Proposta de Solução

De modo a cumprir o objetivo principal da dissertação, correspondente à contabilização em tempo real de passageiros dentro de um autocarro em movimento, foi instalado, no interior de um autocarro da empresa Rodonorte, um *router* responsável pela recolha dos dados pretendidos. É também necessário perceber se o sistema é aplicável a diferentes ambientes do serviço de transportes públicos de passageiros.

4.1 Arquitetura da solução proposta (solução ótima)

A arquitetura desta solução foi desenvolvida de modo a ser flexível a vários tipos de redes, permitindo utilizar diferentes tipos de tecnologias e topologias.

A arquitetura da solução proposta divide-se em três blocos (figura 23):

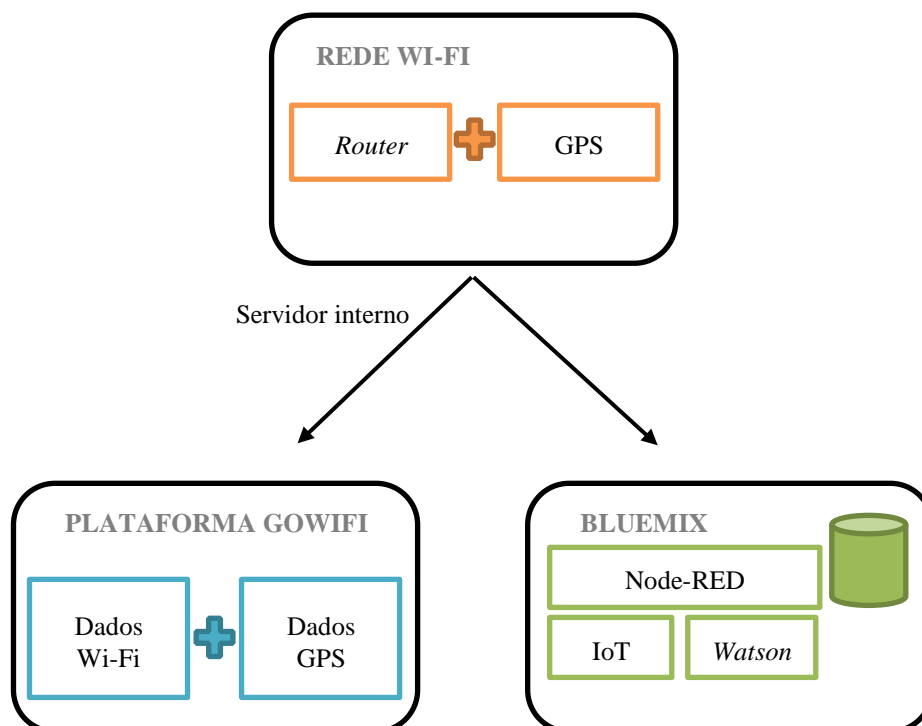


Fig. 23. Estrutura lógica da solução.

A rede Wi-Fi encontra-se no interior do autocarro e, idealmente, é possível de implementar com qualquer tipo de equipamento pretendido pelo cliente. Responsável por fornecer acesso à Internet, este equipamento permite recolher dados operacionais para contagem de passageiros.

Após as ligações entre dispositivos e AP, os dados de cada uma dessas ligações são enviados para duas plataformas: através de um servidor interno, para uma plataforma de *cloud* desenvolvida pela empresa e, para a plataforma de *cloud* IBM *Bluemix* que será integrada com o Node-RED.

Através dos dados GPS recebidos, com um intervalo de tempo de vinte segundos, é possível cruzar as informações relativas à localização com o número de passageiros. Assim, permite-se à empresa fornecedora de serviço perceber quais as paragens onde existe maior fluxo de entrada e saída de passageiros.

4.2 Equipamento utilizado

Para o bom funcionamento do sistema é necessário que o equipamento utilizado funcione corretamente e que apresente o mínimo número de falhas possível. Assim, de seguida, será feita uma breve descrição do equipamento escolhido e da topologia do sistema.

Teltonika RUT955

Uma vez que se pretende instalar o equipamento num autocarro, uma das suas características deve ser a capacidade de retomar o funcionamento normal, em caso de falha, no menor intervalo de tempo possível de modo a que essa falha quase nem seja sentida pelos utilizadores. O *router* utilizado tem um período de inicialização de cerca de um minuto, sendo um dos melhores equipamentos nesse aspeto, considerando as possibilidades dadas.

Depois da realização de alguns testes, mencionados de seguida, optou-se pela utilização de um *router* Teltonika RUT955, representado na figura 24, uma vez que foi o equipamento que apresentou melhores garantias de um correto funcionamento, com o menor número de falhas possível.



Fig. 24. Router Teltonika RUT955.

Neste equipamento, a rede 3G/4G é capturada através das antenas *Long-Term Evolution* (LTE) enquanto que a distribuição de cobertura Wi-Fi é da responsabilidade das antenas Wi-Fi. Existe também uma antena GPS, que tal como o nome indica é responsável pela recolha das coordenadas GPS do autocarro.

Testes dos equipamentos disponíveis

Existiu a possibilidade de escolher entre dois equipamentos diferentes para a implementação do sistema, sendo o tempo de inicialização e a probabilidade de falha os principais fatores para a escolha. Os equipamentos fornecidos correspondem a um *router* Teltonika RUT955 e um *router* Mikrotik 1100.

Relativamente ao tempo de inicialização, o Teltonika RUT955 é o que melhor cumpre esse requisito, com um tempo de inicialização de um minuto. Para perceber qual o equipamento que apresentava mais falhas foi realizado um teste de carga com o auxílio de um *software*, o *Apache JMeter*, que é regularmente utilizado para teste de desempenho. Para a realização desses testes foram definidos os seguintes parâmetros:

- 50 utilizadores a efetuar pedidos em simultâneo, uma vez que é o número médio de passageiros que um autocarro consegue transportar;
- Pedidos HTTP a 10 *links* diferentes, de forma aleatória, para garantir que vários utilizadores conseguem aceder à rede;
- A duração do teste foi de 15 horas, de modo a garantir o funcionamento durante todo o dia.

Os *links* utilizados para os testes foram o mais diferenciados possível:

- Pedido HTTP 1: <https://www.youtube.com/watch?v=7PPyuPn-iR8>;
- Pedido HTTP 2: <https://www.youtube.com/watch?v=92-82JLFOpE>;
- Pedido HTTP 3: <https://www.record.pt/>;
- Pedido HTTP 4: https://www.youtube.com/watch?v=p_e7cLbpeDY;
- Pedido HTTP 5: <https://www.youtube.com/watch?v=4wDVzjn9s9E>;
- Pedido HTTP 6: <https://www.youtube.com/watch?v=kF-QSyUWRDY>;
- Pedido HTTP 7: <https://www.google.com/>;
- Pedido HTTP 8: <https://www.youtube.com/watch?v=ygDebXgIRj0>;
- Pedido HTTP 9: <https://www.abola.pt/>;
- Pedido HTTP 10: <https://www.youtube.com/watch?v=FBQJel8Dd34>.

Com a observação dos resultados obtidos, representados na tabela 3, chegou-se à conclusão que a melhor opção seria o *router* Teltonika RUT955 com um erro total de 9,47% contra os 22,66% do *router* Mikrotik.

Tabela 2. Resultados obtidos através do *Apache JMeter*.

Pedidos	Nº de amostras	Erro (%) - Teltonika	Erro (%) - Mikrotik
Pedido HTTP 1	423	0.00%	12.42%
Pedido HTTP 2	410	0.00%	11.66%
Pedido HTTP 3	415	1.69%	6.43%
Pedido HTTP 4	378	0.00%	12.69%
Pedido HTTP 5	404	0.00%	12.75%
Pedido HTTP 6	417	0.00%	13.31%
Pedido HTTP 7	401	31.67%	50.03%
Pedido HTTP 8	416	0.00%	13.64%
Pedido HTTP 9	411	61.80%	80.95%
Pedido HTTP 10	424	0.00%	13.64%
TOTAL	4099	9.47%	22.66%

IBM Watson

O IBM Watson surge com a necessidade de integrar o dispositivo selecionado para implementação com a plataforma IBM *Bluemix*.

O IBM *Watson*¹¹ é um supercomputador, nomeado em homenagem ao criador da IBM, Thomas J. Watson, que combina inteligência artificial com *software* analítico com o objetivo de fornecer serviços variados. Este supercomputador apresenta uma taxa de processamento na ordem dos 80 *teraflops* (um trilhão de operações por segundo). Com o objetivo de replicar (ou ultrapassar) o cérebro humano de alta capacidade, *Watson* acede a 90 servidores com um armazenamento de dados combinado de mais de 200 milhões de páginas de informações, processando-as de acordo com seis milhões de regras lógicas.

Os principais componentes do *Watson* são:

¹¹ <https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/IBM-Watson-supercomputer>

- *Apache Unstructured Information Management Architecture (UIMA)*, necessário para analisar dados não estruturados;
- *Apaches's Hadoop*, que corresponde a uma estrutura de programação baseada em Java capaz de suportar o processamento de grandes quantidades de informação em ambientes distribuídos;
- 2880 núcleos de processador;
- 15 *terabytes* de *Random Access Memory (RAM)*;
- 50 *gigabytes* de informação processada;
- *IBM's DeepQA software*, designado para recuperação de informações que incorporam linguagem natural e *machine learning*.

A *IBM Watson*, PaaS fornecida pela IBM, permite que uma aplicação comunique com os dispositivos. A figura 25 apresenta uma visão geral desta plataforma.

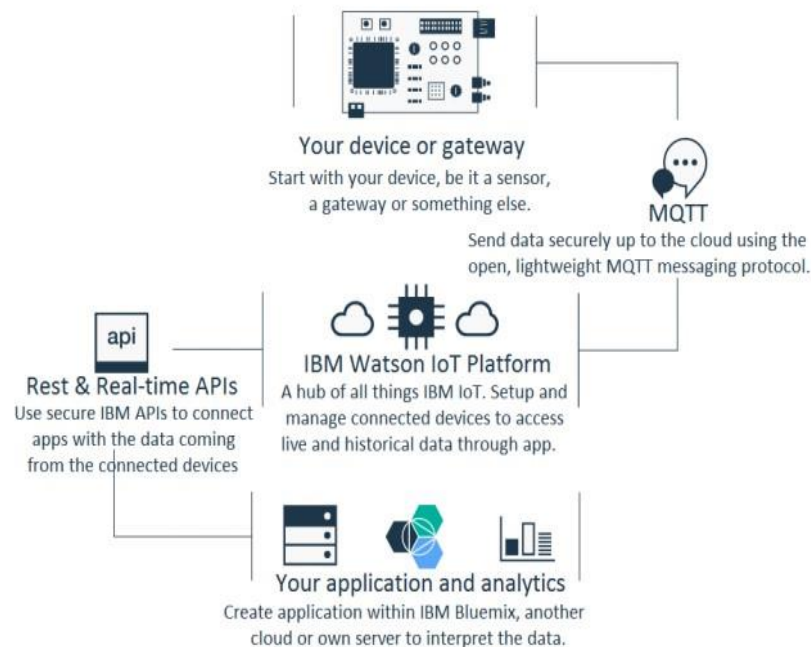


Fig. 25. Visão geral da *IBM Watson*.

4.3 Metodologia

Para atingir o objetivo pretendido e garantir que as empresas fornecedoras de serviços de transportes públicos têm acesso às informações necessárias para melhorar os seus serviços foi seguida uma metodologia de 4 etapas, representada na figura 26.

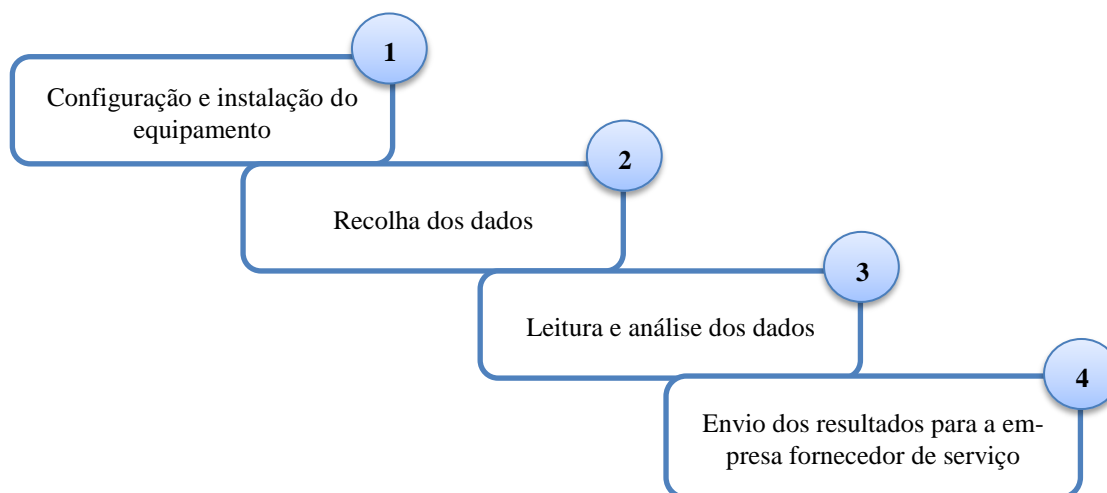


Fig. 26. Fluxo de recolha e tratamento de dados.

Numa primeira fase (1), foi realizada a instalação do equipamento escolhido no interior de um autocarro da empresa de transportes Rodonorte. De modo a ter um equipamento funcional foi necessário efetuar algumas configurações no equipamento, nomeadamente na área dos serviços de *Virtual Private Network* (VPN), mais concretamente a criação de uma instância *Point-to-Point Tunneling Protocol* (PPTP) cuja função é criar uma ligação segura e privada entre o equipamento e o servidor local da empresa.

Para ser possível e facilitar a recolha de dados é necessário que exista uma determinada página de autenticação na rede, sendo necessário configurar também a funcionalidade de *Wireless Hotspot* que, na prática funciona de modo semelhante a um AP no entanto apresenta uma maior versatilidade quando se trata de monitorização, gestão e autenticação dos utilizadores. A página de autenticação, isto é, o *captive portal*, definida seguiu as normas definidas pela empresa GoTVee de modo a garantir a compatibilidade com a sua plataforma de gestão de dados. Seria para essa mesma plataforma que todos os dados recolhidos seriam redirecionados, concluindo a segunda fase do processo (2).

De seguida (3), os dados são extraídos da plataforma em formato de Excel, possuindo um identificador único para cada dispositivo que se ligou ao AP bem como a hora da ligação e o tipo de dispositivo. Alterando as configurações da página de autenticação é possível também que sejam registados nomes, *e-mails* ou números de telemóvel caso seja pretendido pelo prestador de serviço. No

entanto, uma vez que este seria um cenário de teste para ambas as empresas, GoTVee e Rodonorte, optou-se por não recolher todos esses dados, selecionando apenas os exclusivamente necessários para a contabilização de passageiros.

Depois de concluída a fase de análise, o próximo passo (4) corresponde a enviar todos os resultados obtidos com os dados obtidos de modo a que a empresa em questão, neste caso a Rodonorte, possa utilizar essa mesma informação para melhorar os seus serviços, nomeadamente se os recursos utilizados são suficientes ou exagerados de acordo com o fluxo de passageiros que possui.

4.4 Aplicabilidade do sistema a diferentes ambientes

Consoante o tipo de ambiente em que se pretenda implementar o sistema, os requisitos do mesmo podem divergir. No entanto, o sistema deve ser capaz de corresponder da melhor forma possível independentemente do ambiente no qual está inserido.

Ambiente urbano

Consiste num ambiente caracterizado por um risco elevado de ocorrências, como acidentes, trânsito e, neste contexto mais específico, interferência de outras redes Wi-Fi próximas do veículo em questão. Apresenta um maior número de paragens e maior proximidade entre elas, e conseqüentemente um maior fluxo de entrada e saída de passageiros.

Ambiente inter-urbano

Corresponde a um ambiente em que o risco de ocorrências desce consideravelmente, apresentado tipicamente percursos mais longos, com poucas paragens e maior distância entre elas. Assim, neste ambiente, o período de renovação da ligação utilizado no caso prático, entre quinze a vinte minutos, é suficiente para garantir a recolha de dados confiáveis e reais.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco.

5 Resultados obtidos

Concluída a exportação do ficheiro Excel passa-se à fase de análise e filtragem dos dados recolhidos, de modo a facilitar a interpretação dos mesmos por parte da empresa provedora do serviço.

Os dados apresentados correspondem a cerca de uma semana de recolha, especificamente de dia 24 de abril de 2019 até dia 1 de maio de 2019.

O ficheiro contém um identificador único para cada dispositivo, ou seja, o *MAC Address* atribuído aquando a ligação do dispositivo ao AP. É possível retirar também informações relativamente ao tipo

de dispositivo utilizado, nomeadamente o seu fabricante. No âmbito da contagem de passageiros, destaca-se o parâmetro que contém a data e hora da conexão, sendo que a conexão é renovada ao fim de cerca de quinze a vinte minutos. Esta renovação na ligação permite estimar o tempo que o passageiro passa a usufruir do serviço de *Internet* e, conseqüentemente permite aferir uma estimativa relativamente ao tempo que é passado no interior do autocarro por cada um dos passageiros.

Começou-se pela análise do número de pessoas no autocarro, de modo a perceber a afluência e o fluxo de passageiros ao longo dos dias. Os dados retirados encontram-se representados na tabela 4.

Tabela 3. Estimativa do número de passageiros, por dia.

Data	Número de passageiros
24/04/2019	14
25/04/2019	25
26/04/2019	20
27/04/2019	13
28/04/2019	23
29/04/2019	22
30/04/2019	13
01/05/2019	11
TOTAL:	141

Tal como mencionado anteriormente, existe uma renovação da ligação em intervalos de tempo quase constantes o que permite verificar aproximadamente quantas vezes cada dispositivo realiza uma ligação ao AP e, conseqüentemente, estimar o tempo médio de utilização do serviço e possível tempo despendido no interior do autocarro. Na tabela 5 é possível observar uma estimativa do tempo médio que os utilizadores passam ligados à rede durante as suas viagens, que corresponde aproximadamente ao tempo da viagem. Seguidamente, a figura 27 corresponde à representação gráfica desses mesmos dados.

Tabela 4. Tempo médio de acesso à rede Wi-Fi por parte dos passageiros.

Menos de 1h	Cerca de 1h	Cerca de 2h	Cerca de 3h	Mais de 3h
67,7%	6,3%	9,4%	6,3%	10,3%

Estimativa do tempo despendido no autocarro

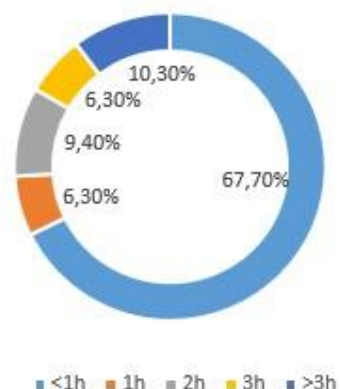


Fig. 27. Representação gráfica do tempo médio despendido no autocarro.

Relativamente a estes dados, constatou-se que um dos dispositivos manteve a ligação ao AP durante aproximadamente nove horas o que pode indicar que se trata do motorista do autocarro ao invés de um passageiro.

Observou-se também que, por duas vezes, dois passageiros viajaram em dois dias distintos, ou seja, ambos os passageiros foram contabilizados duas vezes neste cenário.

Para relacionar o tempo de ligação à rede e a permanência do passageiro a bordo procedeu-se à análise do ficheiro Excel obtido. Assim, de seguida, é avaliado o tempo de ligação de um dispositivo específico, de modo a perceber como foi feita a análise anterior.

Data	Rede	Marca	Localidade	Nome	Cpf
26/4/19 5:11	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 5:11	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 5:11	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 5:11	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 3:03	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 3:01	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 3:01	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 3:01	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 3:01	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 3:00	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0
26/4/19 3:00	GoWiFi	Teste_rodonorte	Teste_rodonorte		04D13A5CB1C0

Fig. 28. Amostra dos dados recolhidos.

Tal como é possível observar na figura 28, para o mesmo dispositivo cujo identificador é “04D13A5CB1C0”, existem várias amostras de ligação ao AP. Devido ao fuso horário da plataforma responsável pela recolha dos dados, à hora representada é necessário somar 8 horas. Assim, este passageiro esteve ligado à rede desde as 11 horas até às 13 horas, aproximadamente. Deste modo pode estimar-se que o passageiro permaneceu a bordo do autocarro cerca de 2 horas.

Sabendo que o itinerário do autocarro, representado na figura 29, onde foi realizado o teste realiza a viagem entre Bragança e Lisboa, então é provável que a matriz origem-destino correspondente a este passageiro seja Bragança-Vila Real.

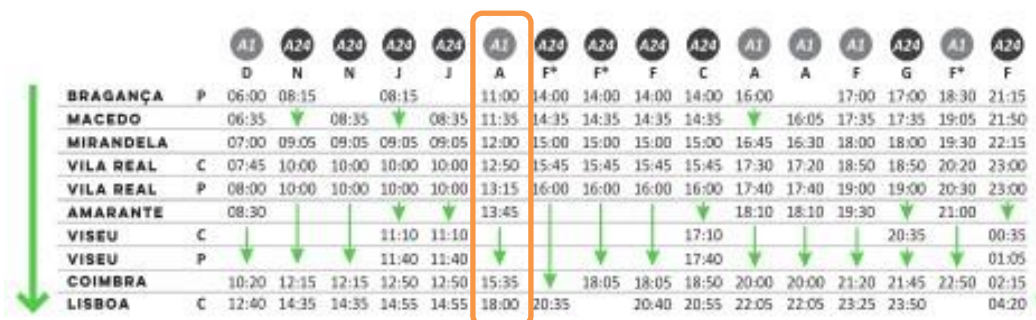


Fig. 29. Itinerário do autocarro de teste.

Os dados recolhidos também podem ser utilizados pelas empresas para fins comerciais, nomeadamente publicitários uma vez que conseguem ter acesso ao tipo de dispositivo que se ligou ao AP. Na tabela 6 e na figura 30 estão representados esses mesmos dados e a sua representação gráfica, respetivamente.

Tabela 6. Tipos de dispositivos utilizados pelos passageiros.

Apple	Samsung	Asus	Xiaomi	Outros
27,6%	19,3%	2,8%	2,8%	47,8%



Fig. 30. Representação gráfica relativamente aos tipos de dispositivos utilizados.

A recolha deste tipo de dados pode permitir a qualquer empresa ter conhecimento dos dispositivos mais comuns nos seus passageiros o que pode ser utilizado em questões de publicidade no caso de acordo com as respetivas marcas.

6 Conclusão e trabalho futuro

O objetivo principal desta dissertação resultou de uma necessidade real de uma empresa que presta serviços na área de transportes públicos de passageiros, a Rodonorte, cliente da empresa portuguesa GoTVee.

A principal necessidade correspondia a encontrar uma solução de contagem de passageiros de baixo custo e fácil implementação. Os sistemas existentes atualmente, através de bilhética, sensores infravermelhos ou recolha de imagem são normalmente muito dispendiosos e necessitam de um elevado de processos de implementação e manutenção relativamente ao sistema implementado. Estes dois últimos sistemas têm ainda o inconveniente de serem afetados pela luz solar uma vez que os autocarros circulam em espaços exteriores.

Assim, como alternativa a estes sistemas a Card4B e a GoTVee procuram uma solução alternativa com um custo inferior baseada na utilização e deteção de sinais Wi-Fi como método de contagem de

passageiros. O único ponto negativo nesta solução é o pressuposto de que todos os passageiros transportam consigo um dispositivo móvel.

A revisão bibliográfica realizada permite que qualquer pessoa que tenha interesse em desenvolver um sistema nesta área compreenda os conceitos básicos para a realização do mesmo.

O objetivo principal desta dissertação foi atingido, tendo sido fornecido à empresa Rodonorte um conjunto de dados e resultados operacionais que podem ser utilizados para melhorar a qualidade dos seus serviços. No entanto, a compatibilização com a plataforma IBM *Bluemix* não foi possível uma vez que esta é incompatível com o tipo de equipamento fornecido, nomeadamente com o *router* Teltonika RUT955. Visto que a empresa Rodonorte decidiu manter o serviço e implementar a solução em toda a sua frota de autocarros, pode concluir-se que ficaram satisfeitos com os resultados obtidos.

Numa fase seguinte, a página de autenticação de rede pode permitir também a recolha de nomes, *e-mails* e contactos telefónicos se a empresa de transportes públicos assim o entender. Estes dados adicionais irão permitir um melhor conhecimento dos seus passageiros. Estes dados não foram recolhidos ao longo da dissertação uma vez que a Rodonorte queria apenas realizar uma implementação de teste. No entanto, no seguimento desta dissertação, a empresa decidiu manter o serviço e aumentar o número de parâmetros recolhidos, para o futuro.

Como forma de compatibilizar os equipamentos com as plataformas pretendidas, como trabalho futuro, o ideal seria a substituição por equipamentos compatíveis. No entanto, devido ao elevado custo dessa ação, alterar as plataformas de *cloud computing* seria o suficiente.

Relativamente à localização geográfica, em tempo real, não foi possível realizá-la como pretendido, uma vez que durante a instalação do equipamento a Rodonorte não quis instalar a antena de GPS.

Referências

1. C. Harrison, B. Eckman, R. Hamilton, P. Hartswick, J. Kalagnanam, J. Paraszczak, P. Williams (2010). Foundations for Smarter Cities. IBM Journal of Research and Development, v. 54, n. 4, p. 1-16,
2. Cisco Location Based Services - Solution Architecture, acedido pela ligação <http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/emob30dg/Locatn.html>, em dezembro de 2018
3. A. Misra. Crowdsourcing and its application to transportation data collection and management. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Transportation Research Board of the National Academies, n. 2414.
4. J. Hightower, G. Borriello, *A survey and taxonomy of location sensing systems for ubiquitous computing*. Washington: Department of Computer Science and Engineering, University of Washington, 2001

5. A. Y. Imam, P. K. Biswas, International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 2019 Vol. 3, Issue 11, ISSN No. 2455-2143, Pages 8-11
6. T Yahiaoui, L Khoudour, C Meurie; Real-time passenger counting in buses using dense stereovision; 2013; Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00855979/document>
7. Mell P., Grance T; *The NIST Definition of Cloud Computing*; 2011; Disponível em : <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
8. Herbert L, Erickson J, Jones D, Stanton R. The ROI Of Cloud Apps. Reproduction [Internet]. 2011
9. A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari and M. Ayyash, Internet of Things : A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS, v. 17, n. 4, p. 2347– 2376, 2015.
10. V. Lampkin, W.T. Leong, L. Oliveira, S. Rawst, N. Subrahmanyam, R. Xiang, G. Kallas, N. Krishna, S. Fassman, M. Kenn and D. Locke (2012), Building Smarter Planet Solutions with MQTT and IBM WebSphere MQ Telemetry. IBM Redbooks, p. 270.
11. Bahl, P. and Padmanabhan, V. Radar: an in-building rf-based user location and tracking system. In INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, volume 2. – Disponível em: <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spring17/cos598A/papers/radar.pdf>