

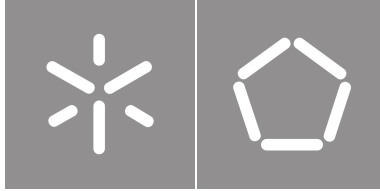


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

João Pedro Sousa Moura

Integração do Paradigma IoT nas Redes Veiculares





**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

João Pedro Sousa Moura

## **Integração do Paradigma IoT nas Redes Veiculares**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado de Engenharia de Telecomunicações e  
Informática

Trabalho efetuado sob a orientação de:

**António Luís Duarte Costa**

**Maria João Mesquita Rodrigues Cunha Nicolau  
Pinto**

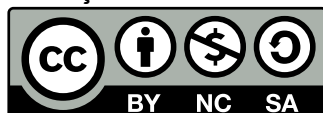
## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositoriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International**  
**CC BY-NC-SA 4.0**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en>

## Agradecimientos

### **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_  
(Local) (Data)

\_\_\_\_\_  
(João Pedro Sousa Moura)

Resumo

## **Integração do Paradigma IoT nas Redes Veiculares**

# Abstract

## **Integration of the IoT Paradigm in Vehicular Networks**



# Índice

<b>Índice de Figuras</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de Tabelas</b>	<b>ix</b>
<b>Siglas</b>	<b>x</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento e Motivação . . . . .	1
1.2 Objetivos . . . . .	1
1.3 Estrutura da Dissertação . . . . .	1
<b>2 Estado da Arte</b>	<b>2</b>
2.1 Internet Of Things . . . . .	2
2.1.1 Arquitetura e Modelos de Referência . . . . .	2
2.1.2 Protocolos . . . . .	5
2.1.3 Middleware . . . . .	6
2.1.4 Futuro e Problemas . . . . .	6
2.2 Redes V2X . . . . .	6
2.2.1 Futuro e Problemas . . . . .	6
2.3 Internet Of Vehicles . . . . .	6
2.3.1 Futuro e Problemas . . . . .	6
2.4 Trabalhos Relacionados . . . . .	6
<b>3 Desenvolvimento do Trabalho</b>	<b>7</b>
<b>4 Place Holder</b>	<b>8</b>

## Índice de Figuras

1	Representação gráfica do modelo OSI. (Retirado de [11]) . . . . .	3
2	Modelos de Referência para o paradigma IoT e comparação com o modelo de referência OSI. (Baseado em [13]) . . . . .	3
3	AR de 7 camadas para Internet of Vehicles (IoV). (Retirado de [21]) . . . . .	5

## Índice de Tabelas

# Siglas

**AR** Arquitetura de Referência (pp. 2–4)

**IoV** Internet of Vehicles (pp. viii, 5)

**MR** Modelo de Referência (pp. 2, 3)

# Introdução

## 1.1 Enquadramento e Motivação

Com o aumento da quantidade de veículos nas estradas e, em anos mais recentes, o aumento da autonomia dos mesmos, é necessário que sejam implementadas melhorias ao nível da segurança dos peões através do aproveitamento das comunicações no contexto de redes veiculares [1].

Enquanto que, ao nível dos veículos, já existem equipamentos, infraestrutura, normas, e tecnologias especializadas que usam as comunicações para melhorar a eficiência do tráfego e a segurança dos veículos, o mesmo não acontece ao nível dos peões (e outros utilizadores das vias públicas) [2]. Por este motivo é necessário encontrar métodos que facilitem e melhorem a capacidade destes intervenientes, transmitirem, com fiabilidade, informações acerca da sua posição e/ou movimentação. O recurso às comunicações V2X, em conjunto com o aumento da capacidade sensorial do veículo pode vir a aumentar a segurança de todos os que utilizam a redes rodoviárias [3].

Tendo em conta o potencial do paradigma da Internet das Coisas como uma possível solução para as necessidades referidas anteriormente, é relevante avaliar a possibilidade da sua integração nas redes veiculares, pela sua versatilidade, facilidade de implementação e aumento exponencial das suas capacidades [4].

## 1.2 Objetivos

## 1.3 Estrutura da Dissertação

## Estado da Arte

### 2.1 Internet Of Things

IoT, ou Internet das Coisas, trata-se de um conceito que ainda não têm uma definição exata mas que é geralmente aceite como sendo uma infraestrutura de rede dinâmica e global capaz de se auto-configurar com base em *standards* e protocolos de comunicação [5], através da qual grandes quantidades de dados podem ser gerados, processados, geridos e partilhados com um nível de intervenção humana reduzido.

De um modo simples, a aplicação deste conceito acenta na conexão de vários dispositivos e acesso aos mesmos através da internet, ou por outras soluções que não se baseam no protocolo IP. Esta conexão pode ser realizada por meios físicos ou *wireless*, sendo o comportamento da mesma controlados pela arquitetura e protocolos usados.

Com o aparecimento destas ligações, os dispositivos capazes de usufruir das mesmas passam a ser denominados como *smart objects*. Muitas vezes limitados pelas próprias capacidades, estes aproveitam estas ligações como um meio para aumentar o seu potencial, unindo-se em sistemas capazes de oferecer serviços e soluções que anteriormente não seriam possíveis [5].

Atualmente estes serviços estão integrados em diversas áreas, como medicina, agricultura, mobilidade, energia [9], entre outras. Dentro destas áreas, a aplicação do paradigma IoT está introduzida desde a investigação à produção, bem como no dia-a-dia de várias pessoas [10], aumentando a eficiência bem como a simplicidade de execução de muitas funções.

#### 2.1.1 Arquitetura e Modelos de Referência

Arquitetura de Referência (AR) e Modelo de Referência (MR) são conceitos com terminologia diferentes, que são muitas vezes usados, de forma errónea, como sinónimos. Um MR refere-se a uma abstração que representa a maneira como um conjunto de conceitos comuns, podendo estes ser concretos ou abstratos, se relacionam perante um domínio, por outras palavras, o modo como um problema pode ser dividido em partes que cooperam para o resolver. Um bom exemplo de um MR é o modelo OSI, estando este representado na Figura 1. Apesar de uma AR também ser uma abstração, esta têm a sua origem

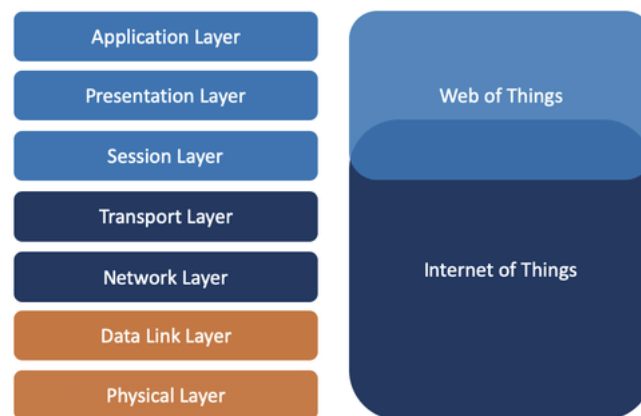


Figura 1: Representação gráfica do modelo OSI. (Retirado de [11])

no culminar do conhecimento e experiência sobre um domínio específico e de como um sistema deve ser desenvolvido de modo a que este respeite boas práticas, normas, regras, et cetera. Para este fim, são usados MR para servirem como guias e controlos de conceitos para a formulação da arquitetura de sistema. Por fim estando uma AR bem definida e realizada, esta pode ser usada como uma fundação sólida para soluções vindas do paradigma IoT [18].

Com a maturação do paradigma IoT, surgiram modelos de referência adaptados às realidades e especificações deste paradigma. Contudo, não existe um modelo de referência tido como universal, mas existem modelos que têm ganhado tração não só na produção como também na investigação ligada ao paradigma IoT [14]. Estes modelos são os modelos de referência para IoT de 3, 4 e 5 camadas, os quais agregam várias camadas do modelo OSI em uma única camada, de um modo semelhante ao que foi concebido para o protocolo TCP/IP [12].

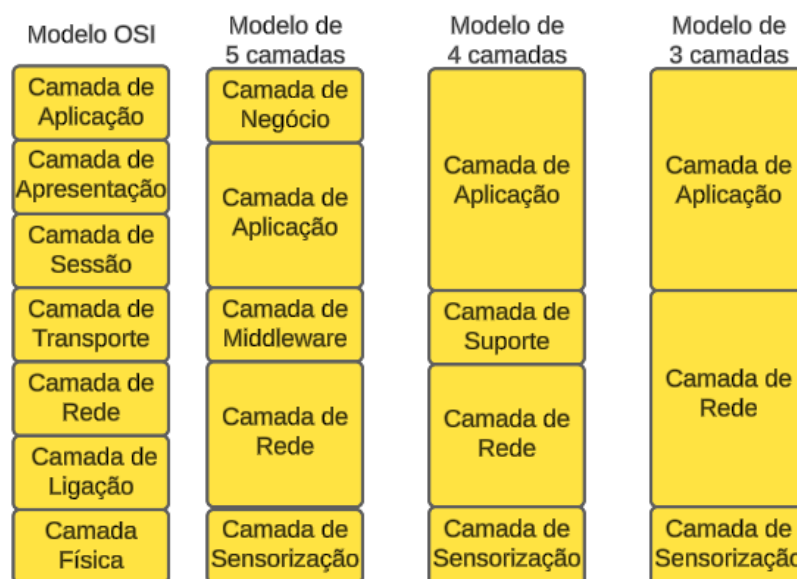


Figura 2: Modelos de Referência para o paradigma IoT e comparação com o modelo de referência OSI. (Baseado em [13])

Cada camada referida na figura 2 têm um conjunto de características e funções que lhe são inerentes,

sendo as dos modelos de 3,4 e 5 camadas as seguintes:

- **Camada de Sensorização:** Contêm elementos físicos, tais como sensores e actuadores, bem como as ligações formadas entre estes dispositivos, ou seja a rede de componentes inerentes a um sistema IoT. Esta camada têm por função a recolha de informações acerca do meio em que está inserido, identificação de objetos, recorrendo para este fim a diversas tecnologias [13, 14, 15].
- **Camada de Rede:** Responsável por conectar a camada de sensorização e distribuir as informações recolhidas às restantes camadas. Esta conexão e subsequente transmissão de dados tira proveito de toda a infraestrutura de telecomunicações que lhe esteja disponível para este fim como, internet, redes de comunicação móvel, redes de comunicação por satélite e redes *wireless*. Em termos de meios / tecnologias / protocolos (?), de comunicação este pode usar 4G,3G, Wi-Fi, Bluetooth,BLE,etc., devendo este então processar os dados de modo a permitir o roteamento eficaz do mesmos consoante o protocolo/tecn/meio de comunicação escolhido [12, 14, 13].
- **Camada de Aplicação:** Responsável pela entrega de serviços específicos ao caso uso / aplicação especificado para o sistema IoT em questão. Por este motivo, as tecnologias e protocolos usados nesta camada são decididos consoante as necessidades estabelecidas pelo caso uso [12, 14].
- **Camada de Suporte:** Têm por objetivo proporcionar capacidades de *cloud*, aumento de capacidade de processamento e um aumento parcial das capacidades de segurança [13].
- **Camada de Middleware:** Responsável por fornecer diferentes tipos de serviços proprietários, ou seja, os dispositivos IoT apenas podem comunicar e se conectar a dispositivos que disponibilizem o mesmo serviço. Graças às capacidades muitas vezes presentes nesta camada, este pode guardar, analisar e processar vastas quantidades de dados que lhe chegam da camada de rede [12, 14].
- **Camada de Negócio:** Responsável por administrar todo o Sistema IoT em uso, bem como os serviços fornecidos e as suas aplicações. Dada a sua natureza, esta camada também é usada para gerar dados estatísticos e contabilísticos através dos dados recebidos [12, 14].

Esta agregação de camadas, oriunda da experiência e conhecimentos sobre o paradigma IoT, permite não só a simplificação mas também a pragmatização da procura de soluções para problemas e novas arquiteturas de sistemas IoT.

Para além destes modelos, surgiram modelos mais modernos, com especial incidência sobre as capacidades de *fog computing*, *cloud* e segurança, como por exemplo o modelo de referência proposto pela CISCO [20].

Em termos de arquiteturas de referência, atualmente são usadas arquiteturas como IoT-ARM, WSO2 [18], FIWARE, OpenMTC e Sitewhere [19]. Tal como para a escolha dos modelos de referência, a escolha de uma [AR](#) é feita consoante os objetivos desejados da mesma e as necessidades inerentes a



esse objetivo. Um exemplo desta necessidade de adaptação encontrasse na aplicação do paradigma IoT sobre redes veiculares, existindo várias arquiteturas de referência sugeridas para diferentes casos uso [22], contudo, a AR demonstrada na figura 3 trata-se uma arquitetura de especial interesse, já que dado as suas características esta demonstra ser uma AR completa

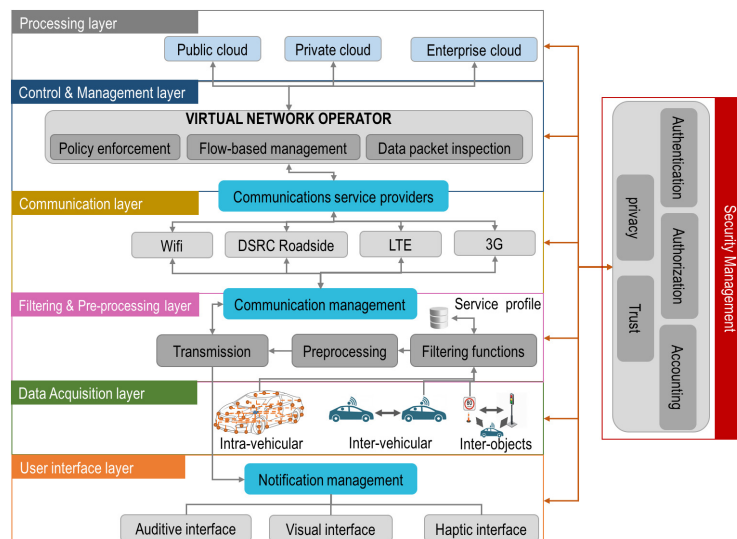


Figura 3: AR de 7 camadas para Internet of Vehicles (IoV). (Retirado de [21])

### 2.1.2 Protocolos

Um protocolo trata-se de um conjunto de regras, configurações e requerimentos aos quais uma ligação entre duas entidades fica submetida. Isto faz com que a escolha de um protocolo dependa do caso uso e objetivo final da ligação, devendo esta escolha respeitar um conjunto de normas estabelecidas para o caso uso em questão.

Dada a vasta quantidade de dispositivos e fabricantes, bem como as condições aos quais os dispositivos de um sistema IoT ficam sujeitos, deu-se por necessário desenvolver e normalizar protocolos feitos com o paradigma IoT em mente. Muitas vezes, estes protocolos baseam-se em tecnologias e padrões já existentes de modo a proporcionar uma entrada mais suave no mercado, mas também com o intuito de serem protocolos baseados em soluções e conceitos fiáveis, seguros e capazes de interoperar com outras soluções já existentes no paradigma IoT.

Em termos de funcionalidades, os protocolos costumam ser divididos pelas camadas sobre as quais estes trabalham existindo, contudo, protocolos capazes de operar em várias camadas, sendo também possível dividir uma grande quantidade de protocolos em dois grupos, protocolos de dados IoT e protocolos de rede para IoT.

Para as funcionalidades associadas à camada de aplicação são usados protocolos como **AMQP**, **CoAp**, **DDS**, **MQTT**, **HTTP**, **Restful** e **XMPP**.

Para as funcionalidades associadas à camada de transporte são usados protocolos como **UDP**, **TCP**, **DTLS**, **RSVP**, **QUIC**, **DCCP**, **SCTP** e **TLS**.

Para as funcionalidades associadas à camada de rede são usados protocolos como **IPv4, IPv6, RPL, CORPL, CARP, CTP, LOADng, ERGID, PAOF, GeoRank** e **AOMDV-IoT**.

Para as funcionalidades associadas à camada de ligação e física são usados protocolos como **NFC, 6LowPAN, BLE, Zigbee, RFID, LoRaWAN, Wi-Fi HaLow, Wi-SUN, 1G, 2G, 3G, 4G, Telensa**.

Os protocolos que podem trabalhar sobre mais que uma camada são os seguintes: **Zigbee [23, 24], BLE [25], SigFox**,

- **AMQP**
- **CoAp**
- **DDS**
- **MQTT**
- **HTTP**
- **Resteful**
- **XMPP**

### **2.1.3 Middleware**

### **2.1.4 Futuro e Problemas**

## **2.2 Redes V2X**

### **2.2.1 Futuro e Problemas**

## **2.3 Internet Of Vehicles**

### **2.3.1 Futuro e Problemas**

## **2.4 Trabalhos Relacionados**

## Desenvolvimento do Trabalho

4

Place Holder