



## **Estudo das Normas para Sistemas de Transporte Inteligente Cooperativo (C-ITS)**

**HUGO MIGUEL DE SÁ COUTO**

Outubro de 2016

# **Study of Standards for Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)**

**Hugo Miguel de Sá Couto**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Informática, Área de Especialização em  
Sistemas Computacionais**

**Orientador: Doutor Nuno Alexandre Magalhães Pereira**

**Júri:**

Presidente: Doutor Nuno Alexandre Pinto da Silva, ISEP

Vogais:

Porto, outubro 2016



# Dedicatória

*Aos meus pais, irmão, família, amigos e ISEP*



# Resumo

No âmbito da unidade curricular de dissertação, do Mestrado em Engenharia Informática, do Departamento de Engenharia Informática, do ISEP, foi desenvolvido o estudo sobre as comunicações entre veículos inteligentes e infraestruturas. Essas comunicações são vulgarmente conhecidas por V2x, entre veículos é conhecido por Veículo para Veículo (V2V) e entre veículos e infraestruturas é conhecido por Veículo para Infraestrutura (V2I).

Hoje em dia, a tecnologia está cada vez mais presente no quotidiano das pessoas, e os veículos não são exceção, cada vez mais evoluídos, mais confortáveis e seguros. Cada vez mais vemos os veículos mais inteligentes e autónomos, mas é preciso avaliar e criar condições para que a tecnologia possa ajudar ainda mais as pessoas, não só na sua segurança como no seu conforto.

Mas nem tudo é positivo na evolução tecnológica nos veículos inteligentes, algumas das desvantagens são a passagem de dados sensíveis pela rede (Internet), o que pode originar ataques informáticos e com isso os atacantes ficarem com dados privados das pessoas, como cada vez os veículos estão mais ligados à Internet é necessário muitas medidas de segurança, para que pessoas mal-intencionadas, não possam por exemplo tomar “conta” do veículo ou até desligar os travões, o que podia colocar em risco os ocupantes do veículo.

Este trabalho tem como objetivo estudar os padrões de Sistema de Transportes Inteligentes Cooperativos (C-ITS), protocolos para as redes veiculares, aplicações para veículos inteligentes. Após a recolha e organização da informação sobre os vários padrões de C-ITS, o trabalho concentrará em analisar a sua disponibilidade e a sua aplicabilidade.

**Palavras-chave:** Veículos inteligentes, V2x, V2V, V2I, C-ITS, ITS, VANET, MANET, WAVE, IEEE 802.11p



# Abstract

Within the scope of the master's Dissertation, of the Master Degrees in Computer Engineering in the Department of Computer Engineering, ISEP, it was developed the study about communication between intelligent vehicles and infrastructures. Those communications are commonly known as V2x, between vehicles is known as the "Vehicle to Vehicle" (V2V) and between vehicles and infrastructures is known as the "Vehicle to Infrastructure" (V2I).

Today, technology is increasingly present in the daily lives of people and vehicles are no exception, more evolved, more comfortable and safe. Increasingly we see vehicles, more intelligent and autonomous, but you need to evaluate and create conditions so that the technology can help even more people, not only in its security as your comfort.

But not everything is positive technological evolution in smart vehicles, some of the disadvantages are passing sensitive data over the network (Internet), which can originate cyber-attacks and that the attackers stay with people's private data, as every time the vehicles are more connected to the Internet is required many safety measures so that malicious people cannot for example take "owner" of the vehicle or to turn off the brakes, which could endanger the vehicle occupants.

This work aims to study the patterns of "Cooperative Intelligent Transport Systems" (C-ITS), protocols for vehicular networks, applications for intelligent vehicles. After the collection and organization of information on the various patterns of C-ITS, work will concentrate on analyzing their availability and their applicability.

**Keywords:** Intelligent Vehicles, V2x, V2V, V2I, C-ITS, ITS, VANET, MANET, WAVE, IEEE 802.11p



# Agradecimentos

Quero agradecer, em primeiro lugar à minha família, por todo o apoio prestado, por todo o esforço feito para tornar possível os meus estudos no ensino superior. Aos meus colegas e amigos que me ajudaram no que precisava ao longo do mestrado.

Ao meu orientador Doutor Nuno Pereira por todo o apoio, disponibilidade, paciência, ajuda incansável e a oportunidade de ser meu orientador e guiar-me ao longo da dissertação.

Ao ISEP pela oportunidade que me deram de aprender e ganhar novos conhecimentos, quer a nível intelectual quer como pessoa ao longo destes anos todos.

A todos, o meu sincero agradecimento.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Contexto e Motivação	1
1.2	Problema	1
1.3	Análise de Valor	2
1.4	Objetivos	2
1.5	Estrutura da Dissertação	3
<b>2</b>	<b>Estado da Arte</b>	<b>4</b>
2.1	Sistemas de Transportes Inteligentes (ITS)	5
2.1.1	História	5
2.1.2	Arquitetura	7
2.1.3	Tipos de Aplicações ITS	9
2.2	Sistemas de Transportes Inteligentes Cooperativos (C-ITS)	10
2.2.1	História do V2V	12
2.3	Tipos de Dispositivos V2V	14
2.3.1	Dispositivos OEM	14
2.3.2	Dispositivos de Revenda	15
2.3.3	Dispositivos baseados em Infraestruturas	16
2.4	Necessidades de Segurança	16
2.4.1	Administração Nacional de Segurança do Tráfego nas Estradas (NHTSA)	16
2.5	MANET	17
2.6	VANET	18
2.6.1	Arquitetura	20
2.6.2	Segurança	21
2.7	IEEE 802.11	22
2.7.1	Arquitetura	23
2.7.2	Confidencialidade	24
2.7.3	Associação	24
2.7.4	Autenticação	24
2.7.5	Consumo Energia	24
2.7.6	IEEE 802.11p	25
2.7.7	WAVE	26
2.8	Exemplos de Aplicações	27
<b>3</b>	<b>Simuladores</b>	<b>30</b>
3.1	Descrição	30
3.1.1	QualNet	30
3.1.2	Network Simulator 2	33
3.1.3	Network Simulator 3	34
3.1.4	GEMV <sup>2</sup>	35

3.1.5	MKGSYS.....	37
3.2	Comparação .....	38
<b>4</b>	<b>Simulações.....</b>	<b>42</b>
4.1	Descrição Simulações .....	42
4.1.1	Simulação 1 .....	42
4.1.2	Simulação 2 .....	46
4.1.3	Simulação 3 .....	48
4.2	Conclusão Simulações .....	50
4.2.1	Conclusão da Simulação 1 .....	50
4.2.2	Conclusão da Simulação 2 .....	53
4.2.3	Conclusão da Simulação 3 .....	58
<b>5</b>	<b>Conclusão.....</b>	<b>60</b>
5.1	Trabalho Futuro .....	61
<b>6</b>	<b>Referências.....</b>	<b>62</b>

# Lista de Figuras

Figura 1 Arquitetura ITS [3] .....	7
Figura 2 Comunicações ITS V2x [3] .....	8
Figura 3 Exemplo de Aplicações ITS [3].....	9
Figura 4 Classificação Aplicações ITS [3] .....	9
Figura 5 C-ITS [5] .....	10
Figura 6 C-ITS [6] .....	11
Figura 7 Exemplo de V2V [7] .....	13
Figura 8 Rede MANET [10] .....	17
Figura 9 Rede MANET [11] .....	17
Figura 10 Arquitetura VANET [13].....	18
Figura 11 Rede ad-hoc usando Veículos [14] .....	19
Figura 12 Arquitetura VANET [14].....	20
Figura 13 IEEE 802.11 e o Modelo OSI [15].....	22
Figura 14 Arquitetura IEEE 802.11 [16].....	23
Figura 15 Arquitetura IEEE 802.11p [20].....	25
Figura 16 Arquitetura WAVE [22].....	26
Figura 17 Aplicação QualNet [25].....	30
Figura 18 Cenário de Simulação do QualNet [25] .....	32
Figura 19 Simulação no NS 2 [27].....	33
Figura 20 Simulação no NS 2 [27].....	33
Figura 21 Simulação no NS 3 [29].....	34
Figura 22 Simulação no NS 3 [29].....	34
Figura 23 Transição entre LOS e não LOS [30] .....	35
Figura 24 Google Earth - toda a cidade [30].....	36
Figura 25 Google Earth - nível da rua [30] .....	36
Figura 26 MKGSYS [31].....	37
Figura 27 MKGSYS [31].....	37
Figura 28 Baixa intensidade veicular; Comunicação V2V; 1 via bloqueada [36].....	43
Figura 29 Baixa intensidade veicular; Comunicação V2I; 1 via bloqueada [36].....	44
Figura 30 Elevada intensidade veicular; Comunicação V2V; 1 via bloqueada [36].....	44
Figura 31 Elevada intensidade veicular; Comunicação V2I; 1 via bloqueada [36].....	44
Figura 32 Baixa intensidade veicular; Comunicação V2V e V2I; 1 via bloqueada [36] .....	45
Figura 33 Elevada intensidade veicular; Comunicação V2V e V2I; 1 via bloqueada [36].....	45
Figura 34 Último Veículo [36].....	46
Figura 35 Tempo Médio [36].....	47
Figura 36 Raiz somou total [36] .....	47
Figura 37 Chamadas ao algoritmo de Descoberta [36].....	47
Figura 38 Avaliação de desempenho em termos de potência do sinal recebido (dBm) vs. Distância (m) .....	48
Figura 39 avaliação de desempenho na entrega dos pacotes (PDR) (%) Vs. Distância (m) .....	49
Figura 40 Avaliação do desempenho do alcance da comunicação fiável (m).....	49
Figura 41 Ligação entre os Veículos e as RSU (V2I) [37] .....	50

Figura 42 Comunicações V2V, V2I (RSU) [38].....	51
Figura 43 Criação da árvore [36] .....	53
Figura 44 Método da Árvore Modificado [36] .....	56
Figura 45 Linha de Visão (LoS) [39] .....	58
Figura 46 Fora da Linha de Visão (NLoS) [39].....	58

# Lista de Tabelas

Tabela 1 Comparação de Simuladores.....	38
Tabela 2 CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO [36] .....	42
Tabela 3 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS MAIS RELEVANTES [36].....	43
Tabela 4 Estrutura de um "beacon" [36].....	53



# Acrónimos

## Lista de Acrónimos

<b>AODV</b>	Vetor Distância “ <i>ad-hoc</i> ” (do Inglês, <i>Ad-hoc On-Demand Distance Vector</i> )
<b>AP</b>	Ponto acesso (do Inglês, <i>Access Point</i> )
<b>ARP</b>	Protocolo de Resolução de Endereços (do Inglês, <i>Address Resolution Protocol</i> )
<b>AT</b>	Autoridades de Confiança (do Inglês, <i>Trust Authorities</i> )
<b>ATMS</b>	Sistemas de Gestão de Tráfego Avançado (do Inglês, <i>Advanced Traffic Management Systems</i> )
<b>AU</b>	Unidade de Aplicação (do Inglês, <i>Application Unit</i> )
<b>AVCS</b>	Sistemas de Controlo Avançado para Veículos (do Inglês, <i>Advanced Vehicle Control Systems</i> )
<b>BSM</b>	Mensagens de Segurança de Base (do Inglês, <i>Basic Safety Message</i> )
<b>BSA</b>	Área básica de serviço (do Inglês, <i>Basic Service Area</i> )
<b>BSS</b>	Conjunto básico de serviço (do Inglês, <i>Basic Service Set</i> )
<b>C-ITS</b>	Sistema de Transportes Inteligentes Cooperativos (do Inglês, <i>Cooperative Intelligent Transport Systems</i> )
<b>CSMA</b>	Acesso Múltiplo com Sentido Portadora (do Inglês, <i>Carrier Sense Multiple Access</i> )
<b>DDCP</b>	Protocolo Controlo de Datagrama Congestionamento (do Inglês, <i>Datagram Congestion Control Protocol</i> )
<b>DS</b>	Sistema de distribuição (do Inglês, <i>Distribution System</i> )
<b>DSR</b>	Encaminhamento da Fonte Dinâmico (do Inglês, <i>Dynamic Source Routing</i> )
<b>DSRC</b>	Comunicações Dedicadas de Curto Alcance (do Inglês, <i>Dedicated short-Range Communications</i> )
<b>ECU</b>	Unidades de Controlo Eletrónico (do Inglês, <i>Electronic Control Units</i> )
<b>ESS</b>	Conjunto estendido de serviço (do Inglês, <i>Extended Service Set</i> )
<b>FTP</b>	Protocolo de Transferência de Ficheiros (do Inglês, <i>File Transfer Protocol</i> )
<b>GNSS</b>	Sistema Global de Navegação por Satélite (do Inglês, <i>Global Navigation Satellite System</i> )

<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamento Global (do Inglês, <i>Global Positioning System</i> )
<b>GSM</b>	Sistema Global para Comunicações Móveis (do Inglês, <i>Global System for Mobile Communications</i> )
<b>GSCM</b>	Canal de modelagem estocástica baseado na geometria (do Inglês, <i>Geometry-based stochastic channel modeling</i> )
<b>HDLC</b>	Controlo de Ligação de Alto Nível de Dados (do Inglês, <i>High-Level Data Link Control</i> )
<b>HSA</b>	Sistema de Estrada Automatizado (do Inglês, <i>Highway System Automated</i> )
<b>IBSS</b>	Conjunto básico de serviço independente (do Inglês, <i>Independent Basic Service Set</i> )
<b>IEEE</b>	Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrónicos (do Inglês, <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
<b>IGMP</b>	Protocolo Gestão Grupo Internet (do Inglês, <i>Internet Group Management Protocol</i> )
<b>IP</b>	Protocolo de Internet (do Inglês, <i>Internet Protocol</i> )
<b>ISTEA</b>	Lei da Superfície de Eficiência de Transporte Intermodal (do Inglês, <i>Intermodal Surface Transportation Efficiency Act</i> )
<b>ITS</b>	Sistema de Transportes Inteligentes (do Inglês, <i>Intelligent Transportation Systems</i> )
<b>ITS America</b>	Sociedade de Transporte Inteligente da América (do Inglês, <i>Intelligent Transportation Society of America</i> )
<b>IVHS</b>	Sistema de Estradas para Veículos Inteligentes (do Inglês, <i>Intelligent Vehicle Highway Systems</i> )
<b>IVHS America</b>	Sociedade de Veículos e Estrada Inteligentes da América (do Inglês, <i>Intelligent Vehicle Highway Society of America</i> )
<b>IVI</b>	Iniciativa de Veículo Inteligente (do Inglês, <i>Intelligent Vehicle Initiative</i> )
<b>LDP</b>	Protocolo de Distribuição de Rótulos (do Inglês, <i>Label Distribution Protocol</i> )
<b>LoS</b>	Linha de Visão (do Inglês, <i>Line of Sight</i> )
<b>LTE</b>	Evolução a Longo Prazo (do Inglês, <i>Long Term Evolution</i> )
<b>MAC</b>	Controlo de Acesso de Mídia (do Inglês, <i>Media Access Control</i> )
<b>MANET</b>	Rede Móvel “ad-hoc” (do Inglês, <i>Mobile Ad-Hoc Network</i> )
<b>MIMO</b>	Múltipla entrada e múltipla saída (do Inglês, <i>multiple-input multiple-output</i> )

<b>MOVE</b>	Modelo Gerador Mobilidade para Redes Veiculares (do Inglês, <i>Mobility Model Generator for Vehicular Networks</i> )
<b>MPLS</b>	Comutação de Rótulos Multiprotocolo (do Inglês, <i>Multiprotocol Label Switching</i> )
<b>NAT</b>	Tradução do Endereço da Rede (do Inglês, <i>Network Address Translation</i> )
<b>NHTSA</b>	Administração Nacional Segurança do Tráfego nas Estradas (do Inglês, <i>National Highway Traffic Safety Administration</i> )
<b>NLoS</b>	Fora da Linha de Visão (do Inglês, <i>non-line-of-sight</i> )
<b>OBU</b>	Unidades a bordo (do Inglês, <i>On-Board Units</i> )
<b>OEM</b>	Fabricante de Equipamento Original (do Inglês, <i>Original Equipment Manufacturer</i> )
<b>OLSR</b>	Protocolo de Otimização da Ligação Estado Encaminhamento (do Inglês, <i>Optimized Link State Routing Protocol</i> )
<b>OSI</b>	Organização Internacional para a Normalização (do Inglês, <i>International Organization for Standardization</i> )
<b>OSPF</b>	Abrir Primeiro o Caminho Curto (do Inglês, <i>Open Shortest Path First</i> )
<b>P2P</b>	Par-a-Par (do Inglês, <i>Peer-to-Peer</i> )
<b>PHY</b>	Camada Física (do Inglês, <i>Physical Layer</i> )
<b>RIP</b>	Protocolo Informação de Encaminhamento (do Inglês, <i>Routing Information Protocol</i> )
<b>RSU</b>	Unidades do Lado da Estrada (do Inglês, <i>Road-Side Units</i> )
<b>SCTP</b>	Protocolo Transmissão Controlo de Fluxo (do Inglês, <i>Stream Control Transmission Protocol</i> )
<b>SP</b>	Prestadores de Serviço (do Inglês, <i>Service Providers</i> )
<b>TCP</b>	Protocolo de Controlo de Transmissão (do Inglês, <i>Transmission Control Protocol</i> )
<b>TDL</b>	Toque de linha de atraso (do Inglês, <i>Tapped delay line</i> )
<b>TIM</b>	Mapa de indicação de tráfego (do Inglês, <i>Traffic Indication Map</i> )
<b>TPM</b>	Modelo Plataforma Confiável (do Inglês, <i>Trusted Platform Module</i> )
<b>UDP</b>	Protocolo de Datagramas de Utilizadores (do Inglês, <i>User Datagram Protocol</i> )
<b>V2I</b>	Veículo para Infraestrutura (do Inglês, <i>Vehicle to Infrastructure</i> )

<b>V2V</b>	Veículo para Veículo (do Inglês, <i>Vehicle to Vehicle</i> )
<b>VAD</b>	Dispositivo de Consciência do Veículo (do Inglês, <i>Vehicle Awareness Device</i> )
<b>VANET</b>	Redes Veiculares “ <i>ad-hoc</i> ” (do Inglês, <i>Vehicular Ad-Hoc Networks</i> )
<b>VII</b>	Integração de Infraestrutura do veículo (do Inglês, <i>Vehicle Infrastructure Integration</i> )
<b>WAVE</b>	Acesso em Ambientes Veiculares sem fios (do Inglês, <i>Wireless Access in Vehicular Environments</i> )
<b>WED</b>	Privacidade equivalente de fios (do Inglês, <i>Wired Equivalent Privacy</i> )



# 1 Introdução

Nesta secção da dissertação vai ser feito um levantamento introdutório do tema abordado neste trabalho, bem como os motivos e contexto que levaram a este tema, problemas ainda que precisam ser limados para que no futuro não hajam problemas graves e objetivos desta dissertação relativamente às redes veiculares.

## 1.1 Contexto e Motivação

Com o crescimento da tecnologia, do uso da internet no dia-a-dia, como é o exemplo dos veículos inteligentes. Os veículos são uma importante ferramenta no quotidiano da população mundial, quer no transporte de pessoas como mercadorias.

Com o avanço da tecnologia, os veículos estão cada vez mais dotados de tecnologia e inteligência, quer no aspeto do conforto como no da segurança.

Os veículos vão poder comunicar entre si (V2V) ou com as infraestruturas à sua volta (V2I). Essas comunicações vão ser realizadas através de padrões de sistemas inteligentes de transportes (ITS).

Neste documento são focados esses padrões, comparação entre protocolos de comunicação, vantagens e desvantagens de cada padrão, assim como a sua disponibilidade e aplicabilidade.

Este trabalho vai servir para mostrar como podem ser as redes veiculares no futuro, como vão comunicar entre si, como vão poder tomar decisões consoante as informações resolvidas, é um tema interessante que merece ser estudado para mostrar que o avanço da tecnologia nesta área pode trazer muitas vantagens para a população mundial, por isto tudo é um tema interessante e cada vez mais importante para a indústria automóvel.

## 1.2 Problema

O desenvolvimento em larga escala de comunicações entre veículos e entre veículos e infraestruturas (V2V e V2I respetivamente, vulgarmente conhecido por V2x) está em andamento. Enquanto muitos padrões para C-ITS já existem, há necessidade de desenvolver vários aspetos do C-ITS.

Com o avanço da tecnologia e da sua integração nos veículos, é necessário estudar a viabilidade e fiabilidade dos protocolos existentes para serem usados no ITS e C-ITS. Já há alguns protocolos

e soluções, mas um dos grandes problemas é a sua aplicabilidade à realidade, e para isso é necessário fazer simulações reais para detetar as falhas, garantir total segurança dos dados que vão circular na rede. Outro problema vai ser como garantir a propagação do sinal, sem perda dos dados ou que não haja interferências, como por exemplo edifícios, os próprios veículos, ou outras comunicações existentes via redes sem fios.

### **1.3 Análise de Valor**

Avaliar quais os benefícios, vantagens e desvantagens entre os protocolos estudados nesta dissertação. Estudo esse que vai servir para avaliar as potencialidades da comunicação dos veículos inteligentes com o ambiente que os rodeia.

Esta dissertação vai servir para falar sobre um tema ainda recente, apesar de se ter feito estudos ao longo de muitos anos, mas só mais recentemente com o avanço da tecnologia foi permitido avançar com simulações e implementações nesta área. Para a maioria da população este tema é desconhecido, e por isso é necessário haver trabalhos a descrever e mostrar (simulações) as vantagens e desvantagens das comunicações V2x e os seus objetivos na vida das pessoas no seu quotidiano.

### **1.4 Objetivos**

O objetivo desta dissertação estudar os padrões de C-ITS. Após a recolha e organização das informações sobre os vários padrões de C-ITS, o trabalho concentrará em analisar a sua disponibilidade e a sua aplicabilidade.

Foi realizado um estudo sobre alguns protocolos destinados às comunicações veiculares, entre eles, o VANET, IEEE 802.11p e WAVE. Foram descritos o que é o ITS, C-ITS, os tipos de dispositivos

V2V, e que aplicações já existem ou estão em estudo para ajudar a que as comunicações e os veículos fiquem mais inteligentes e autónomos.

Foi realizado um estudo de alguns simuladores usados para testar os protocolos de redes veiculares. Além disso foram descritas três simulações nesta área e retiradas as conclusões, consoante os protocolos usados e estudados nesta dissertação.

## **1.5 Estrutura da Dissertação**

A dissertação está dividida em quatro capítulos, organizados da seguinte forma:

- No primeiro capítulo, Introdução, é feita uma breve descrição da dissertação e o que será abordado;
- No segundo capítulo, Estado da Arte, pretende-se estudar os padrões do sistema inteligente de transportes;
- No terceiro capítulo, Simuladores, pretende-se estudar diferentes simuladores e compará-los;
- No quarto capítulo, Simulação, pretende-se avaliar os vários protocolos, através de simulações e retirar as conclusões;
- No quinto capítulo, Conclusão, são descritas as conclusões e principais limitações desta dissertação, bem como o trabalho futuro;

## 2 Estado da Arte

Hoje em dia em que a tecnologia está em todo o lado e os veículos não são exceção. Veículos inteligentes são dotados de tecnologia que ajudam a melhorar quer a segurança, conforto bem como a eficiência dos veículos.

Esses veículos vão ter a capacidade de fazer autodiagnóstico, caso haja problemas, como a pressão baixa dos pneus ou algum problema elétrico que impossibilite o normal funcionamento do veículo bem como a garantia de total segurança dos ocupantes. Com isso é possível que os veículos parem e não circulem sem serem reparados. Em termos de conforto, cada vez mais as pessoas querem viajar com mais conforto, como é o caso de bancos com massagens ou aquecidos, com televisão, com ligação à internet e telemóveis, bem como veículos autónomos que circulem nas estradas sem uma pessoa para guiá-lo.

Esses veículos são também dotados de capacidade de serem analisados à distância através de um telemóvel ou outro dispositivo móvel, bem como comunicar com o meio que o rodeia, como por exemplo, as cidades inteligentes, estradas inteligentes ou através da internet ou entre eles.

Este capítulo vai falar sobre a história do ITS e C-ITS, a arquitetura do ITS, falar sobre alguns dos dispositivos usados na comunicação V2V, a necessidade de segurança neste tipo de comunicação, falar sobre os protocolos de rede usados nas comunicações veiculares, como por exemplo VANET, IEEE 802.11p e WAVE, e os protocolos que originaram, como o IEEE 802.11 e MANET. Por fim alguns exemplos de aplicações que vão fazer uso das tecnologias faladas nesta dissertação.

## 2.1 Sistemas de Transportes Inteligentes (ITS)

Os sistemas inteligentes de transportes (ITS) são aplicações avançadas que, sem serem dotadas de inteligência, visam proporcionar serviços inovadores relacionados com diferentes modos de transporte e gestão dos dados a circularem nas redes veiculares, permitindo aos condutores estarem mais informados sobre o que se passa à sua volta e com o seu próprio veículo. Em seguida vai ser mostrado a evolução do ITS ao longo dos anos, a sua arquitetura e algumas aplicações. [1]

### 2.1.1 História

Antes do ITS, os Estados Unidos da América planearam, desenvolveram e construíram um sistema rodoviário interestadual. O sistema tinha proporcionado um alto nível de mobilidade dos cidadãos, bem como a eficiente movimentação de mercadorias. Mas ao longo dos anos, nomeadamente entre 1950 a 1980, o foco foi para a construção das estradas, com isso, verificou-se vários problemas, como acidentes, trânsito e o impacto no consumo de energia e consequentemente a qualidade do ar diminuiu.

Em meados de 1986, várias entidades, como agências federais, agências de transportes e grupos de universidades, começaram a debater sobre o futuro do sistema rodoviário, abordando também temas com grande importância na vida dos cidadãos, como por exemplo segurança rodoviária, meio ambiente e trânsito. Depois das discussões, chegou-se a uma conclusão fazer um “*workshop*” em Dallas, estado do Texas, em 1990. Durante o “*workshop*” os participantes inventaram o conceito, Sistema de Estradas para Veículos Inteligentes (IVHS), que mais tarde deu origem ao ITS. Com o avanço da tecnologia, sistemas de transporte mais eficientes, e com a junção dos dois conceitos iniciou-se novos desenvolvimentos em computação, sensores, sistemas de informação e métodos matemáticos avançados, que poderiam ser usados para aumentar a capacidade operacional do sistema e alcançar melhores operações gerais da rede de transporte.

Em 1991, ITS foi integrado na Lei da Superfície de Eficiência de Transporte Intermodal (ISTEA). A Lei angariou US \$660 milhões para a sua investigação, desenvolvimento e testes operacionais para mais de 6 anos. Além disso, pouco antes de a lei ter sido adotada, Sociedade de Veículos e Estrada Inteligentes da América (IVHS America) foi estabelecido; mais tarde renomeado Sociedade de Transporte Inteligente da América (ITS America). Esta organização de consultoria desenvolveu o primeiro plano estratégico para ITS em 1992. O plano chamado para a operação integrada do sistema usando a tecnologia para reunir informações sobre os modos e condições atuais e discutir como as instituições podem ser organizadas para operar a rede de transportes.

ITS abrange muitas áreas que foram ajustadas e renomeadas ao longo dos anos, mas os princípios básicos de segurança, mobilidade e ambiente têm-se mantido. Os componentes do ITS têm sido caracterizados por vários sistemas de gestão. Os sistemas de gestão abrangem informação, tráfego (sistemas de sinalização e de portagens), designados Sistemas de Gestão de Tráfego Avançado (ATMS) e Sistemas de Controlo Avançado para Veículos (AVCS).

Atualmente, o Congresso autoriza cerca de US \$100 milhões por ano para a pesquisa continuada e desenvolvimento do ITS. Há uma série de aplicações desenvolvidas em todo o país, estas incluem tanto a cobrança de portagens automatizada, juntamente com sistemas de controlo do sinal de trânsito e centros que monitorizam a rede de transportes de uma região para resolver os problemas da rede em tempo real.

A fim de melhorar mais a segurança, mobilidade e ambiente. Usam Comunicações Dedicadas de Curto Alcance (DSRC) no ambiente móvel para conexão com uma variedade de aplicações de transportes. Prevendo que a comunicação entre veículos ao seu redor, pode identificar situações de acidentes iminentes e avisar os condutores atempadamente e com isso evitar muitos acidentes, por isso em dezembro de 2006 é iniciado a primeira pesquisa em V2V. [2]

## 2.1.2 Arquitetura

A arquitetura de um veículo é composta por um veículo ligado e equipado com unidades de controlo eletrónico (ECU), unidades sem fios a bordo (OBU), um Modelo de Plataforma Confiável (TPM) e uma unidade de aplicação (AU), como mostrado na Figura 1.

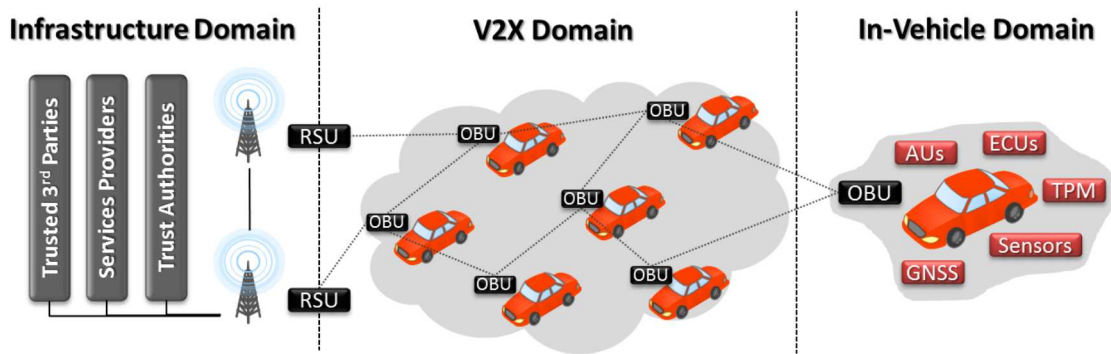


Figura 1 Arquitetura ITS [3]

ECU recolhe dados sobre a dinâmica do veículo (por exemplo, localização, velocidade, direção, tamanho do veículo, etc.), no âmbito do seu ambiente imediato (por exemplo, o número de veículos vizinhos, condições de trânsito locais, etc.) para posteriormente serem processados os dados recolhidos. Esses ECU colaboram através da troca de mensagens com a OBU e AU, e formam uma rede de veículos (também conhecido como a rede de bordo).

A AU é responsável pela execução de uma ou várias aplicações, que são oferecidas pelo serviço remoto de Prestadores de Serviço (SP), e comunicar-se com outros veículos nas proximidades, as entidades ITS utilizam as capacidades de comunicação da OBU. Cada veículo ligado também é equipado com um TPM para permitir comunicações seguras e eficientes e para gerir as diferentes chaves e certificados. Finalmente, um Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) que é usado para obter informações sobre a localização exata.

O domínio V2X (ou domínio "ad-hoc") consiste em veículos OBU e as unidades ao lado da estrada (RSU) implantados ao longo das estradas. Como mostrado na Figura 2, as informações recolhidas na OBU dos veículos, são trocadas em tempo real nas proximidades das entidades ITS (por exemplo, OBU, RSU, etc.) usando várias tecnologias de comunicação veicular (V2x), incluindo:

- Veículo-a-veículo (V2V), comunicações entre veículos vizinhos (ou OBU), utilizando uma tecnologia específica de curto alcance de comunicação (DSRC);
- Veículo-a-infraestrutura (v2i), comunicações entre a OBU envolvente e RSU, e vice-versa;
- Veículo-a-pedestres (V2P) comunicações entre a OBU / RSU e o pedestre.

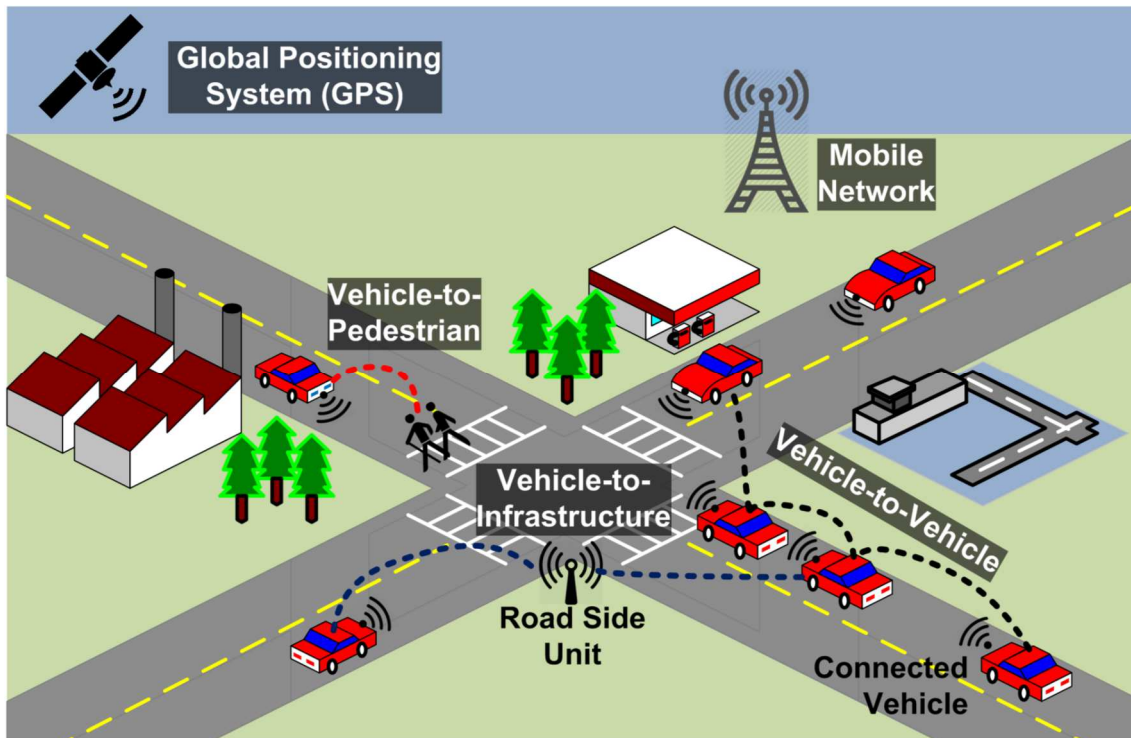


Figura 2 Comunicações ITS V2x [3]

As infraestruturas incluem partes de confiança de terceiros, tais como fabricantes de veículos, prestadores de serviços e as autoridades de confiança (AT). As RSU fixas são geralmente, não totalmente confiáveis, subordinadas pelo AT e podem ser consideradas como uma ponte entre o V2X e domínios de infraestrutura.

O registo e autenticação desses RSU e OBU são realizados pelo AT. Os SP fornecem aplicações para veículos AU e são responsáveis pela gestão de atualizações de “software”, faturamento de serviços de valor agregado. Várias aplicações, como o aviso de colisão no cruzamento, modo de condução errada, aviso de diagnóstico remoto de veículos, vão explorar a integração das tecnologias de rede acima para constituir veículos ligados. Chamamos a essas aplicações de aplicações do sistema inteligente de transporte (ITS). [3]

### 2.1.3 Tipos de Aplicações ITS

Aplicações ITS exploram os dados recolhidos dos veículos para melhorar a utilização desses mesmos veículos, a segurança e conforto dos condutores e racionalizar o uso de infraestruturas públicas, como é mostrado em alguns exemplos de aplicações na Figura 3. Como mostrado na Figura 4, aplicações ITS podem ser classificadas em quatro classes principais:

- Informação, entretenimento e conforto;
- Gestão do trânsito;
- Segurança rodoviária;
- Aplicações de condução autónoma;

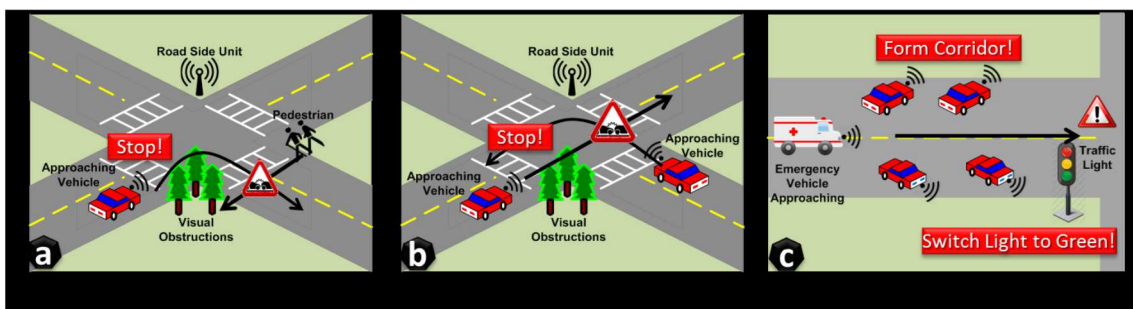


Figura 3 Exemplo de Aplicações ITS [3]

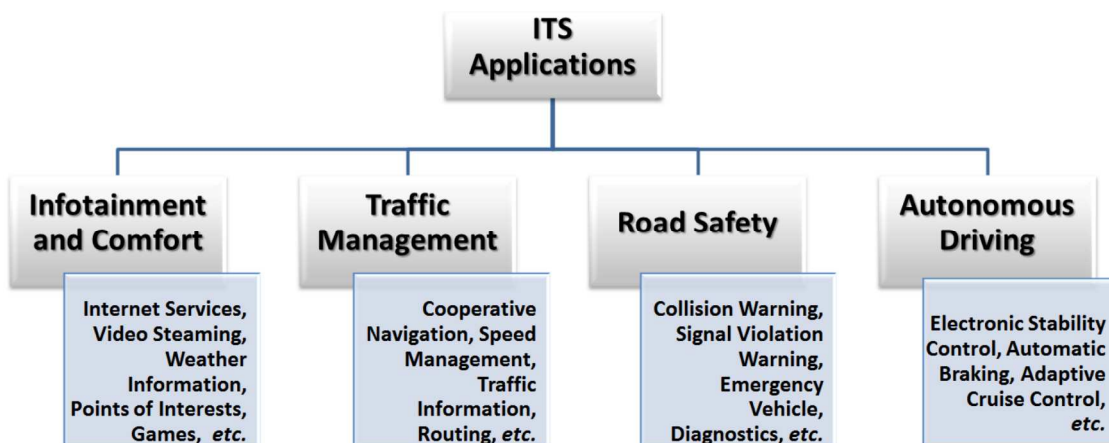


Figura 4 Classificação Aplicações ITS [3]

## 2.2 Sistemas de Transportes Inteligentes Cooperativos (C-ITS)

A tecnologia C-ITS pode reduzir o congestionamento e a poluição. Existem muitas pesquisas sobre tecnologias e inovações, realizadas pelas empresas e organizações governamentais similares. Inovações são aquelas que melhoram a experiência dos condutores, aumentar a segurança na estrada e reduzir o impacto do automóvel sobre o meio ambiente, por exemplo, assistente inteligente de velocidade, mãos-livres de telemóveis, funções de controlo de voz, movidos a eletricidade e de emissão zero, e até mesmo carros que podem dirigir-se sem condutor. Estas são todas as tecnologias que estão tentando resolver os problemas atuais que enfrentamos no quotidiano, como mostra a Figura 5. [4]

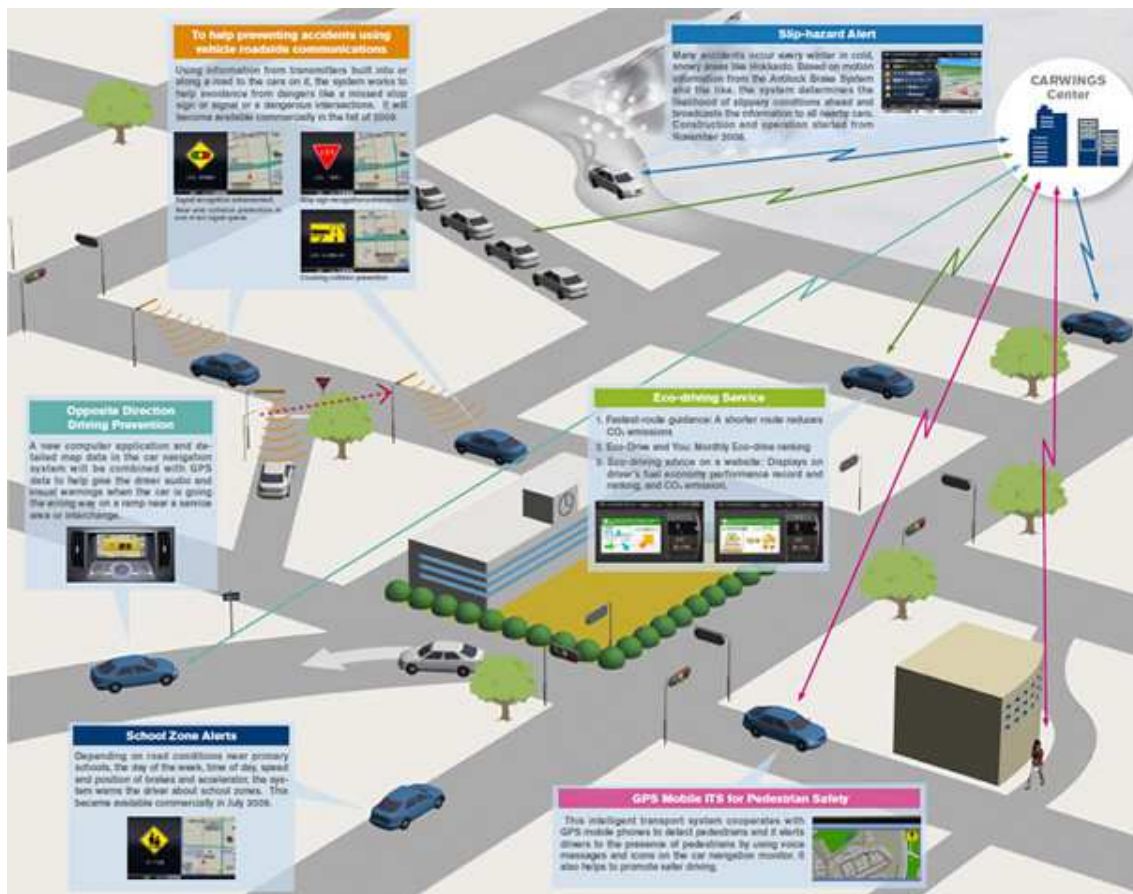


Figura 5 C-ITS [5]

C-ITS é uma inovação recente que envolve a integração de sistemas de comunicação e várias tecnologias em veículos. Esta tecnologia tem o potencial de permitir que "veículos e infraestruturas envolventes possam trocar informações sobre a localização, velocidade e sentido de outros condutores na estrada também usando C-ITS. A sua eficácia depende da tecnologia dedicada a comunicações sem fios, sistemas de dados de posicionamento do veículo, e melhores mapas digitais de estradas, como mostra a Figura 6.

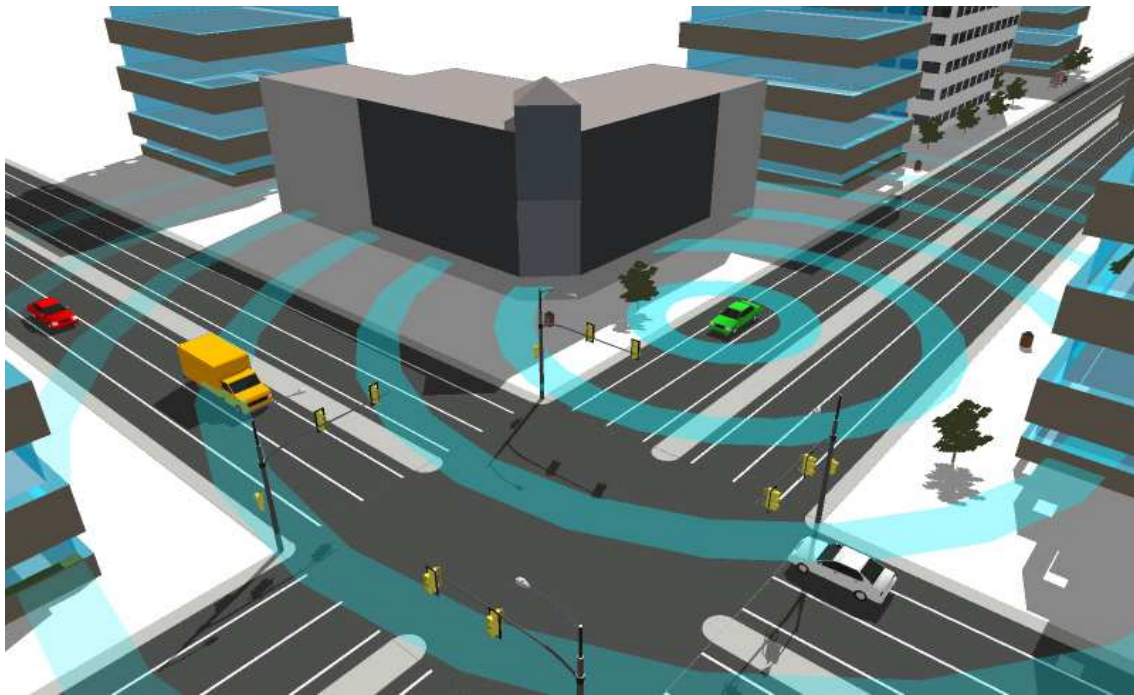


Figura 6 C-ITS [6]

Em suma, C-ITS permitirá monitorizar veículos e avisar os condutores de situações potencialmente perigosas e condições imprevistas na estrada. Por exemplo, dois veículos instalados com C-ITS, que estão ambos se aproximando de um cruzamento sem visibilidade do trânsito e em sentido contrário, é capaz de transmitir e receber informações sobre a localização do veículo, velocidade e direção do(s) outro(s) veículo(s). Com essas informações, ambos os veículos serão capazes de detetar se existe uma hipótese de colisão iminente, com isso são alertados os condutores para desacelerarem ou travarem, mesmo os condutores não conseguirem ver outro(s) veículo(s) a aproximarem-se.

A investigação conduzida pela “Austroads”, “Monash University” e Centro de Investigação de Acidentes (MUARC) concluiu que o C-ITS poderia proporcionar uma redução de 25-35% na sinistralidade rodoviária graves envolvendo condutores capazes. Os benefícios do C-ITS além da segurança rodoviária, podem melhorar a gestão do tráfego, reduzir o congestionamento e a poluição, auxiliar os condutores nas tomadas de decisões e permitir períodos de viagem mais curtos que poderiam, por sua vez ajudar a aliviar a frustração dos condutores. [4]

### 2.2.1 História do V2V

Começou inicialmente no âmbito da Iniciativa de Integração de Infraestrutura de veículos em 2003, mas as suas origens remontam à pesquisa Sistema de Estrada Automatizado (HAS) na década de 1990. O início real da pesquisa de tecnologia avançada foi mandatado pela ISTEA. O conceito básico era, sensores na estrada a comunicarem com os sensores nos veículos, para permitir “*hands-off*” e “*feet-off*”, mas não “*mind-off*”. Pela primeira vez, a estrada e os veículos realmente seriam ligados entre si.

O conceito HSA necessitava de faixas dedicadas que contêm pregos magnéticos, que os sensores dos veículos iriam reconhecer e usar para se guiarem ao longo da faixa inteligente. Os benefícios de HSA teoricamente derivam a partir da redução de quantidade de erros do condutor, aumentar a capacidade das autoestradas, facilidade na redução no consumo de combustíveis e nas emissões de gases poluentes e fornecer operações comerciais e de trânsito mais eficientes.

A pesquisa culminou numa demonstração em San Diego, Califórnia, com mais de 20 veículos equipados com HSA. No entanto, a ideia de que HSA necessitava de faixas exclusivas para os veículos representava um problema, onde colocar essas faixas e como financiá-las. Em 1998 a ênfase em relação à automação rodoviária foi focada no desenvolvimento de tecnologia que poderia abordar a segurança a curto prazo.

Em 1997 foi introduzida a Iniciativa de Veículo Inteligente (IVI), os objetivos do IVI foram evitar a distração dos condutores, e facilitar o desenvolvimento de sistemas para evitar acidentes. Em relação à prevenção de distração dos condutores, foram realizados estudos que examinaram a relação entre distração e falhas. IVI também desenvolveu protótipos para evitar acidentes, estudaram o problema e procuraram soluções para aumentar a segurança, como por exemplo, estabilidade dos veículos, sair da faixa de rodagem, etc.

Em conclusão, o estudo do IVI com os novos desenvolvimentos no setor das telecomunicações levou a uma nova direção em relação à interação de veículos e infraestruturas. A Integração de Infraestrutura do veículo (VII) reuniu os resultados do IVI. O foco da iniciativa VII foi provar que o conceito de que a tecnologia de comunicações pode ser utilizada para enviar informação entre os veículos e entre os veículos e as infraestruturas.

Em 2003 no 10º Congresso Mundial de Sistemas Inteligentes de Transporte, em Madrid, Espanha, anunciaram o início da iniciativa VII. Isto foi possível graças à atribuição FCC 75 MHz de espectro em 5,9 GHz (onde opera DSRC) para fins de investigação para melhorar a segurança no transporte e uso de outras aplicações não seguras para melhorar a mobilidade do transporte.

Em dezembro de 2006, foi assinado um acordo de cooperação com cinco fabricantes de equipamentos para investigar se DSRC combinado com Sistema de Posicionamento Global (GPS) poderia melhorar o desempenho dos sistemas de alerta de acidentes ou ativar novas aplicações de segurança baseados em comunicações.

Em suma DSRC estabeleceu como um meio para ligar veículos e infraestruturas através de comunicações sem fios. Esta fundação forneceu as informações necessárias para desenvolver e planear a pesquisa, como mostra a Figura 7. [2]

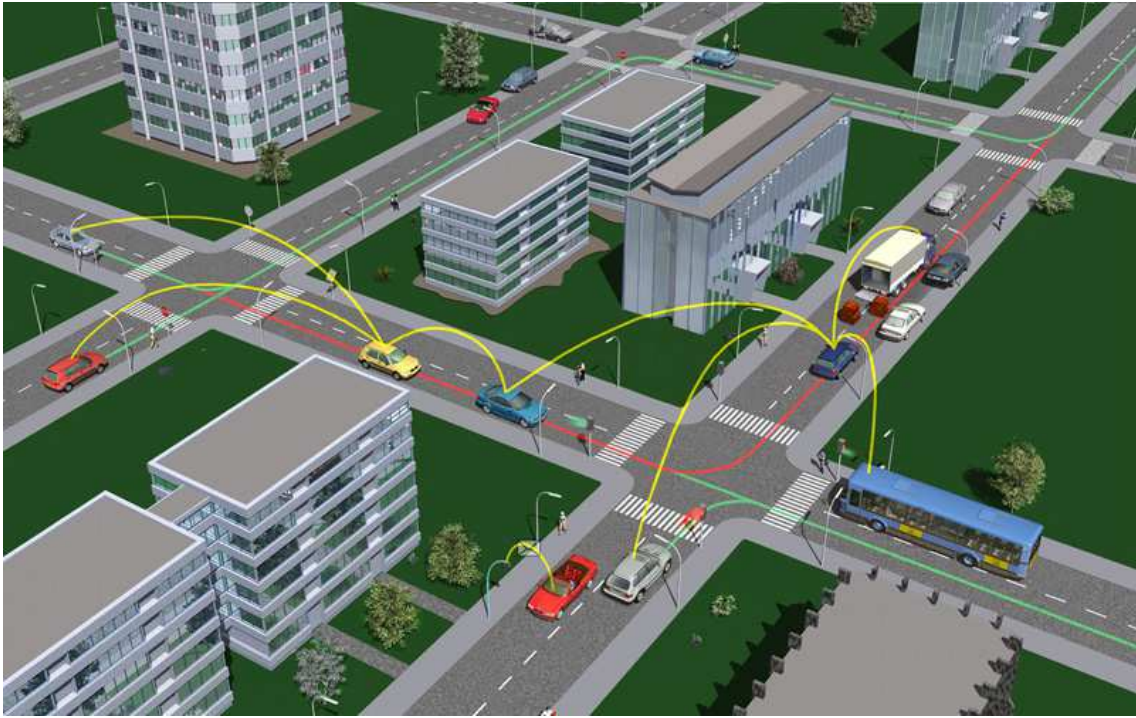


Figura 7 Exemplo de V2V [7]

## 2.3 Tipos de Dispositivos V2V

Neste capítulo vão ser descritos alguns exemplos de dispositivos usados em V2V e baseados em infraestruturas, e as suas funções dentro das comunicações veiculares.

### 2.3.1 Dispositivos OEM

Um dispositivo OEM é um dispositivo eletrónico integrado num veículo durante a produção. Um sistema V2V integrado é ligado a barramentos de dados proprietários e pode fornecer informações de alta precisão usando informações do veículo para gerar mensagem de segurança. O sistema integrado envia e recebe BSM. Além disso, pode processar as mensagens recebidas para proporcionar avisos para o condutor do veículo no qual ele está instalado.

Veículos com sistemas de segurança integrados durante a sua produção, poderiam fornecer avisos áudio e/ou visuais (como apertar o cinto de segurança ou vibrar o banco do condutor). Espera-se que os equipamentos necessários para um sistema de OEM V2V integrado consista num processador geral e memória associada, um rádio transmissor, interfaces para sensores do veículo e um recetor GPS.

Tais sistemas integrados são capazes de ser razoavelmente combinados com outros sistemas para evitar acidentes e outras ameaças aos veículos. [2]

#### 2.3.1.1 Mensagens de Segurança de Base (BSM)

Aplicações conectadas são construídas em torno das BSM, que tem duas partes. [8]

- Parte 1:
  - Contém a informação dos dados (tamanho do veículo, posição, velocidade, trajetória, aceleração, estado do sistema de travagem, etc.);
  - Transmitidas a cerca de 10x por segundo;
- Parte 2:
  - Contém um conjunto de elementos de dados retirados de muita informação opcional (disponibilizados por modelo de veículos);
  - Transmitida em baixa frequência;
  - Nenhum armazenamento dos dados BSM nos veículos;
  - O BSM é transmitido com um alcance (~ 1.000 metros);
  - O BSM é adaptado para baixa latência;

## **2.3.2 Dispositivos de Revenda**

### **2.3.2.1 Definição**

Um dispositivo de revenda é um dispositivo que não vem de origem nos veículos como os veículos com OEM. Sendo colocados depois de comprar o veículo, esses dispositivos tem limitações ou não são perfeitamente integrados nos veículos comparado aos colocados de origem. Por exemplo um dispositivo de segurança autossuficiente tem de se ligar a uma fonte de energia, senão iria trabalhar independentemente dos outros sistemas do veículo.

Esses dispositivos podem ser adicionados posteriormente aos veículos nos concessionários de cada marca do veículo ou noutro local autorizado. Alguns dispositivos são autónomos e independentes dos veículos como por exemplo telemóveis. [2]

### **2.3.2.2 Tipos de Dispositivos de Revenda usados na Segurança dos Condutores**

Há três tipos de segurança para os condutores:

- Dispositivos de sensibilização do veículo;
- Dispositivos de segurança;
- Reequipar os dispositivos de segurança;

O Dispositivo de Consciência do Veículo (VAD) é um desenho mais simples, e só transmite uma BSM aos veículos próximos. VAD não tem aplicações seguras, por isso não podem fornecer quaisquer mensagens ou avisos para os condutores. [2]

### **2.3.3 Dispositivos baseados em Infraestruturas**

Além dos equipamentos nos veículos, o programa piloto de segurança está a avaliar equipamentos à beira das estradas com dispositivos DSRC que permitem que os veículos recebam informações das infraestruturas e permite que os veículos atualizem os seus certificados de segurança.

Há vinte e seis unidades à beira das estradas equipadas com DSRC que estão a ser usados para apoiar o programa, como por exemplo sinais na estrada, semáforos, etc.

Comunicações V2I envolvem troca de informação em redes sem fios de segurança crítica. Essas comunicações destinam-se principalmente para evitar acidentes, melhorar a mobilidade e as condições ambientais. [2]

## **2.4 Necessidades de Segurança**

A Administração Nacional de Segurança do Tráfego nas Estradas (NHTSA), em 1970 estabeleceu uma lei para a segurança rodoviária.

NHTSA ajuda a reduzir mortes, ferimentos e perdas económicas resultantes de acidentes de trânsito através da criação de aplicações e de padrões de desempenho de segurança para veículos e equipamentos.

Os fabricantes de veículos têm de respeitar as normas da NHTSA através da construção de veículos mais seguros. A tecnologia de segurança tem-se desenvolvido muito e rapidamente desde os anos 1970. [2]

### **2.4.1 Administração Nacional de Segurança do Tráfego nas Estradas (NHTSA)**

NHTSA foi estabelecida pela Lei de Segurança Rodoviária de 1970, é uma agência que pertence ao governo Americano do Departamento de Transportes. É dedicada a alcançar os mais altos padrões de excelência em veículos a motor e segurança rodoviária. Ela trabalha diariamente para ajudar a prevenir falhas e suas respectivas despesas, tanto humanas como financeiras. Ela descreve sua missão como: *“Save lives, prevent injuries, reduce vehicle-related crashes”*.

Está encarregue de escrever e fazer cumprir as normas de segurança automóvel, bem como regulamentos para veículos a motor e economia de combustível. [9]

## 2.5 MANET

A rede móvel “*ad-hoc*” (MANET) é uma rede auto configurável, ela usa conexões sem fios para se ligar a várias redes. Esta pode ser uma ligação padrão “*Wi-Fi*”, ou de outra forma, tal como uma transmissão celular ou de satélite, como mostram as Figuras 8 e 9.



Figura 8 Rede MANET [10]



Figura 9 Rede MANET [11]

Cada dispositivo numa MANET é livre para se mover de forma independente em qualquer direção, e, portanto, alterar as suas ligações a outros dispositivos frequentemente. Cada um deve encaminhar o tráfego não relacionado com o seu próprio uso, e, portanto, ser um encaminhador. O principal desafio na construção de uma MANET está em equipar cada dispositivo para manter continuamente a informação necessária para encaminhar corretamente o tráfego.

MANET consistem numa rede auto configurável de ponto-a-ponto, entre meados de 2000-2015 normalmente comunicavam com frequências de rádio (30 MHz - 5 GHz).

Enquanto os veículos não podem ter uma ligação direta à Internet, os equipamentos sem fios à beira da estrada podem ser ligados à Internet, permitindo que os dados a partir dos veículos possam ser enviados através da Internet. Os dados dos veículos podem ser usados para medir as condições de tráfego ou gerir as frotas de camiões. Devido à natureza dinâmica das MANET, elas normalmente não são muito seguras, por isso é importante ter-se cuidado com os dados enviados através deste tipo de redes. [12]

## 2.6 VANET

As redes V2V podem formar um tipo especial de redes móveis “*ad-hoc*” denominadas VANET. VANET são um tipo de MANET que promovem comunicação entre veículos. Tem uma arquitetura como mostra a Figura 10.

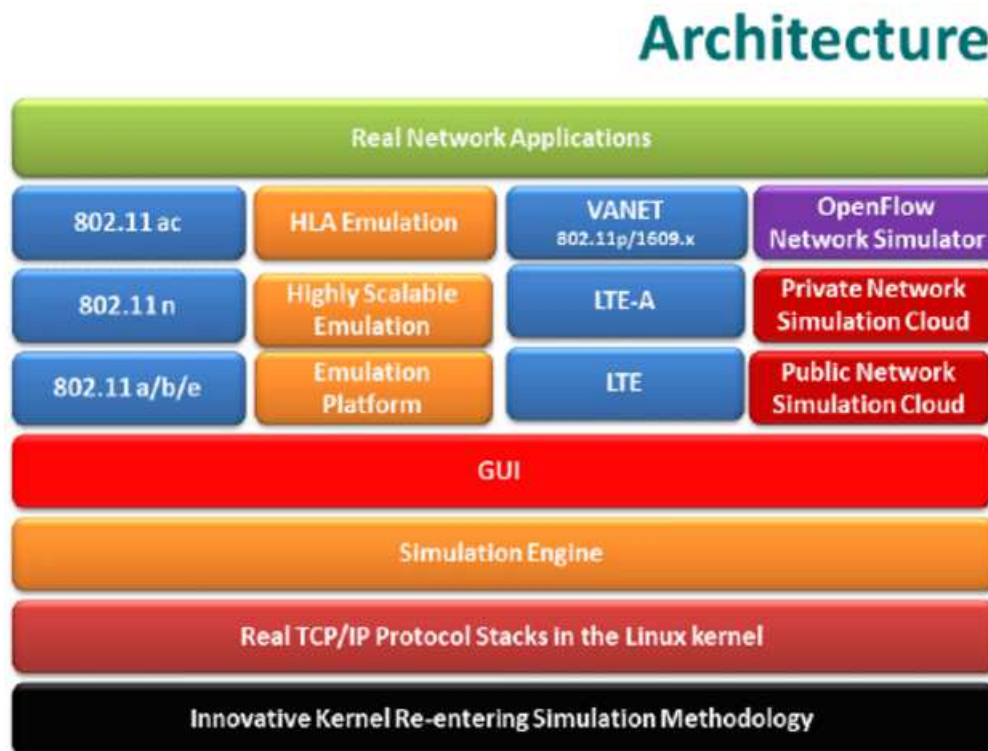


Figura 10 Arquitetura VANET [13]

O principal objetivo do VANET é ajudar um grupo de veículos a criar e manter uma rede de comunicação sem fios entre eles sem o uso de uma estação base central ou controlador. Uma das aplicações do VANET, são nas chamadas situações de emergência, onde não existem infraestruturas é necessário um mecanismo que passe a informação do ocorrido e com isso salvem-se vidas humanas.

No entanto, juntamente com estas aplicações úteis do VANET, surgem novos desafios e problemas. Falta de infraestruturas no VANET coloca mais responsabilidades adicionais aos veículos. Cada veículo torna-se parte da rede e também administra e controla a comunicação nesta rede, juntamente com os seus próprios requisitos de comunicação.

Redes “ad-hoc” veiculares são responsáveis pela comunicação entre veículos em movimento num determinado ambiente. Um veículo pode comunicar com outro veículo diretamente chamado V2V, ou com infraestruturas, como com uma RSU, conhecido por V2I. A Figura 11 mostra um cenário típico VANET.

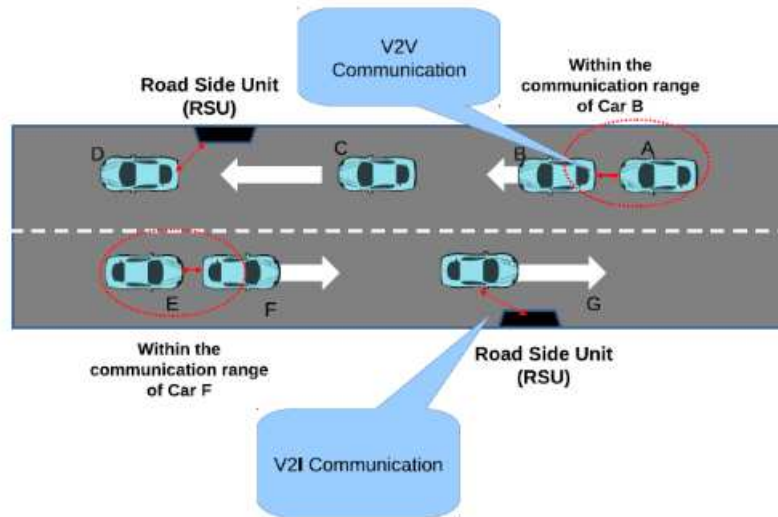


Figura 11 Rede ad-hoc usando Veículos [14]

Algumas das vantagens do VANET são, como podem comunicar entre veículos sem a ajuda de infraestruturas, diminui assim os custos de manutenção e implementação, outra das vantagens é o uso de tecnologias de rede sem fios de curto alcance (IEEE 802.11b ou IEEE 802.11g) sem custos associados, exceto os próprios dispositivos. [14]

### 2.6.1 Arquitetura

O VANET não tem uma arquitetura fixa ou topologia para seguir. No entanto, uma VANET geral consiste em deslocar veículos e comunicarem uns com os outros, bem como com alguns RSU nas proximidades. A VANET é diferente de uma MANET no sentido de que os veículos não se movem aleatoriamente como os nós fazem no MANET, os veículos seguem caminhos fixos, tais como as estradas urbanas ou autoestradas. Embora seja fácil de considerar VANET como uma parte de MANET, é importante pensar nas VANET como um campo de pesquisa individual, especialmente quando se trata do desenho da arquitetura de rede. Na arquitetura VANET, uma OBU num veículo é constituída por um transmissor e um recetor sem fios. [14]

Podemos definir três cenários possíveis para as comunicações entre veículos (como mostra a Figura 12):

- A. Todos os veículos comunicarem uns com os outros através de algumas RSU. Esta arquitetura pode assemelhar-se redes de área local WLAN.
- B. Os veículos comunicarem diretamente uns com os outros, não havendo necessidade de qualquer RSU. Isso pode ser classificado como arquitetura “*ad-hoc*”.
- C. Alguns veículos comunicarem uns com os outros diretamente, enquanto outros podem precisar de algum RSU para comunicarem. Pode ser definido como cenário híbrido.

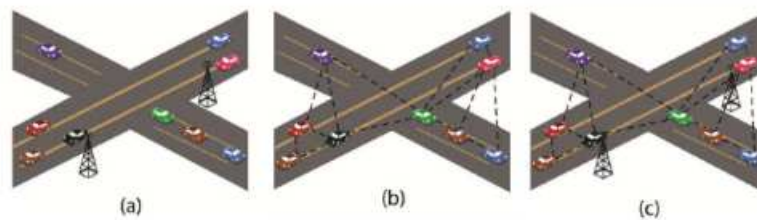


Figura 12 Arquitetura VANET [14]

## 2.6.2 Segurança

Segurança em VANET deve ser considerada tão importante como outras redes implementadas. Devido à passagem de informação muito sensível e importante através das aplicações VANET, é necessário garantir a sua segurança, imagine-se uma mensagem crítica e é interceptada ou alterada por pessoas mal-intencionadas, pode levar à perda de vidas. Um atacante pode estar a analisar os protocolos de comunicação veiculares, e com isso pode aceder à localização de um determinado veículo, o que é uma falha muito grave de privacidade. Atualmente, a autenticação de transmissão utilizado em padrões de segurança para VANET, tais como IEEE 1609.2.

Esse esquema baseia-se na utilização de uma assinatura de chave pública, a autenticação de transmissão permite os recetores verificarem que receberam a informação se se foi realmente enviada pelo transmissor correto. A fim de proteger a privacidade do nó, foram adotadas algumas abordagens.

Uma melhor abordagem na segurança VANET poderia ser, fornecer um mecanismo de autenticação para cada nó, os nós iriam fornecer uma autenticação de remetente seguro. Devido ao grande número independentes de veículos e a existência do fator humano, o mau comportamento pode ter lugar. Assim, uma relação de confiança de autenticação precisa ser estabelecida. Em segurança VANET, as ameaças de ataque podem ser classificadas em diferentes classes, ameaça à confidencialidade (por exemplo, localização do veículo), envio de informação falsa o que pode originar ações erradas por parte do condutor ou do próprio veículo e inundar a rede com pedidos/envios, e com isso não ninguém conseguirá usar as aplicações/serviços. [14]

## 2.7 IEEE 802.11

A rede sem fio IEEE 802.11, que também são conhecidas como redes “Wi-Fi” ou “wireless”, foram uma das grandes novidades tecnológicas dos últimos anos. Atuando na camada física, o IEEE 802.11 define uma série de padrões de transmissão e codificação para comunicações sem fio, como mostra a Figura 13, sendo a base para alguns dos protocolos de redes veiculares estudados nesta dissertação, como o IEEE 802.11p e o WAVE.

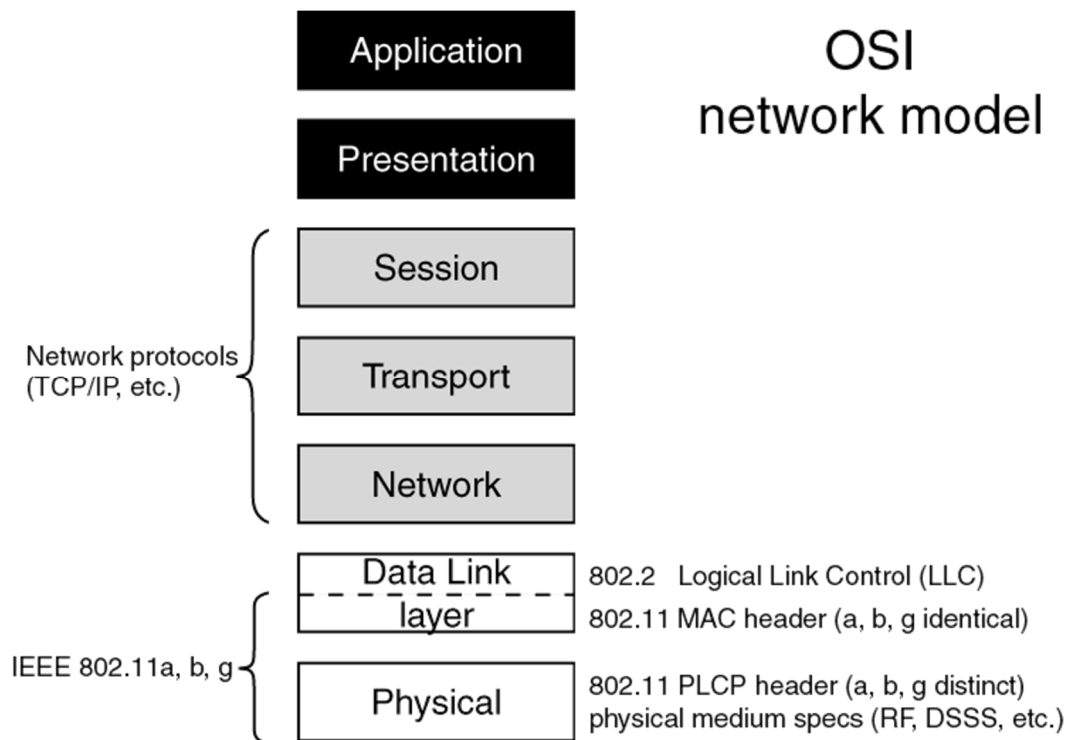


Figura 13 IEEE 802.11 e o Modelo OSI [15]

### 2.7.1 Arquitetura

De acordo com a denominação utilizada pelas normas do IEEE 802.11, um grupo de duas ou mais estações sob o controlo direto de uma mesma função de coordenação, forma um conjunto básico de serviço (BSS), como mostra a Figura 14.

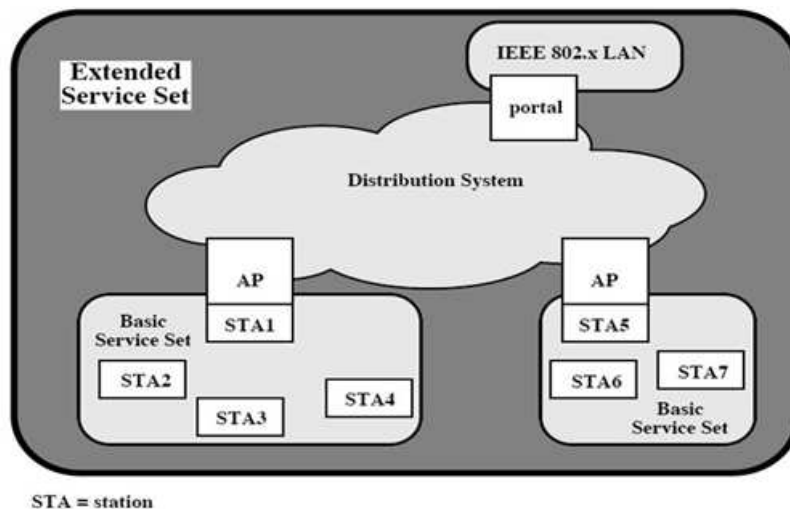


Figura 14 Arquitetura IEEE 802.11 [16]

A área coberta por um BSS é designada por área básica de serviço (BSA), e pode ser vista como uma célula numa rede celular móvel. As redes IEEE 802.11 podem operar em modo “ad-hoc” ou em modo baseado em infraestrutura. Um BSS isolado, em que as estações comunicam apenas entre si formando uma rede “ad-hoc” é denominado conjunto básico de serviço independente (IBSS).

Este modo de operação requer a presença de uma estação especial no BSS, denominado ponto de acesso (AP), que serve de interface entre o BSS e o sistema de distribuição (DS) e possibilita a comunicação entre as estações do BSS e entidades externas.

O sistema de DS permite interligar múltiplos BSS formando um conjunto estendido de serviço (ESS), que aparenta ser um único BSS alargado para a subcamada de ligação lógica das estações que compõem o ESS.

Normalmente, utiliza-se uma rede local convencional como sistema de distribuição, embora outras redes possam ser utilizadas, visto que as normas não entram em detalhes quanto à implementação do sistema de distribuição. [17]

### **2.7.2 Confidencialidade**

Numa rede cablada, apenas as estações fisicamente conectadas ao meio de transmissão estão aptas a captar as transmissões, o que não acontece nas redes sem fios. Qualquer estação compatível pode monitorar o tráfego de uma rede IEEE 802.11 que utilize a mesma camada física sem que seja detetada, bastando para isso estar dentro do raio de alcance da rede.

Para aumentar o nível de privacidade do IEEE 802.11, o protocolo de segurança de privacidade equivalente de fios (WEP) foi especificado pelo IEEE 802.11.

O WEP define um algoritmo criptográfico, de utilização opcional, destinado a proporcionar um nível de confidencialidade à transmissão de dados similares (subjétivamente) à confidencialidade existente numa rede local cablada que não utilize técnicas criptográficas para aumentar a privacidade das comunicações. [17]

### **2.7.3 Associação**

Antes que uma estação possa encaminhar mensagens de dados através de um AP, ela deve associar-se ao mesmo. O processo de associação permite ao sistema de distribuição determinar a que AP uma estação está associada, de modo a poder encaminhar mensagens para a mesma.

A cada instante, uma estação não pode estar associada a mais que um AP. O processo de associação é sempre iniciado pela estação, pelo envio de uma mensagem de requisição de associação. [17]

### **2.7.4 Autenticação**

A autorização de acesso à rede por parte das estações no IEEE 802.11 é negociada através do serviço de autenticação. Se um nível aceitável de autenticação não for estabelecido entre a estação e o AP, a associação não é realizada.

O IEEE 802.11 suporta diversos mecanismos de autenticação, entre as quais a autenticação por chave compartilhada "*shared key*", em que a identidade da estação é demonstrada pelo conhecimento da chave de encriptação secreta do protocolo de segurança WEP. [17]

### **2.7.5 Consumo Energia**

O IEEE 802.11 proporciona suporte para gestão de consumo de energia das estações. O AP armazena os dados destinados às estações que estão a operar em modo de conservação de energia e difunde informação nas tramas "*Beacon*" identificando essas estações. Para esse efeito, as tramas "*Beacon*" contém um mapa de indicação de tráfego (TIM).

As estações que operam no modo de conservação de energia acordam periodicamente para escutar a trama "*Beacon*". Quando uma estação recebe indicação de que o AP tem tramas armazenadas para si, ela interroga o AP, requisitando o envio das tramas armazenadas. [17]

## 2.7.6 IEEE 802.11p

Esta versão tem por base o IEEE 802.11 e foi concebida para permitir comunicações entre veículos. Usa também o protocolo IEEE 802.11e que adiciona qualidade de serviço, prioridades entre pacotes.

IEEE 802.11p é uma emenda aprovada à norma IEEE 802.11 para acrescentar acesso sem fios em ambientes veiculares (WAVE), como mostra a Figura 15. Ele define melhorias de IEEE 802.11 (a base de produtos comercializados como Wi-Fi) necessário para suportar ITS. Isto inclui a troca de dados entre veículos de alta velocidade e entre os veículos e a infraestrutura, a sua banda de 5,9 GHz (5,85-5,925 GHz). [18]

Em algum ponto o IEEE 802.11p foi considerado para comunicações de curto alcance dedicado DSRC. O Departamento de Transportes dos EUA projetou baseado na arquitetura de comunicações, longo e de médio alcance para redes de comunicação baseadas, principalmente para aplicações tais como a cobrança de portagens, serviços de segurança do veículo, e transações de comércio através de carros. A visão final era uma rede nacional que permite a comunicação entre veículos e AP à beira da estrada ou outros veículos. [19]

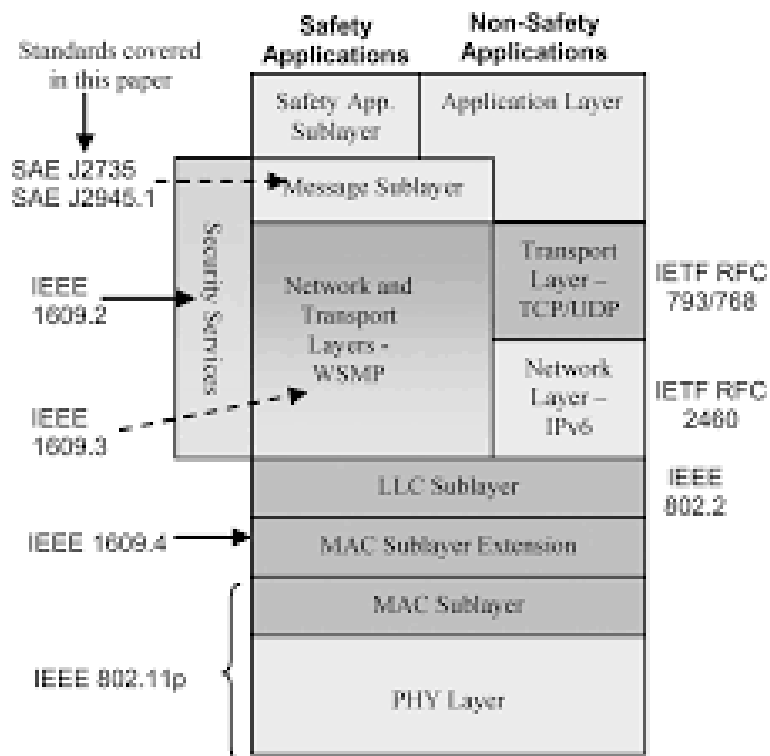


Figura 15 Arquitetura IEEE 802.11p [20]

### 2.7.7 WAVE

Incluí o protocolo IEEE 802.11p e define questões de camadas superiores como formatos de mensagens, segurança, endereçamento de rede.

WAVE é necessário para suportar o ITS em comunicações de curto alcance. A comunicação entre V2V ou entre V2I é invocada na banda de 5,9 GHz (5.85-5.925 GHz). Com o equipamento instalado nos veículos e nas estradas, WAVE fornece as informações de trânsito em tempo real, melhora a segurança do transporte e reduz a tráfego congestionado. Ele também beneficia o transporte sustentável.

Em 1992, Estados Unidos da América começou a pesquisar o DSRC. É o protocolo de comunicação para os veículos. Estados Unidos, Europa e Japão são os principais países de pesquisa de DSRC.

A partir de 2004, a concentração de DSRC foi migrado para o padrão IEEE 802.11. O DSRC baseia-se na norma IEEE 802.11a, que incidem sobre baixas operações.

O DSRC baseia-se na arquitetura Wi-Fi. No entanto, a fim de apoiar os veículos em movimento de alta velocidade e simplificar os mecanismos de grupo de comunicação, o grupo de trabalho do IEEE dedica-se mais à WAVE, que é o núcleo do DSRC. WAVE garante a recolha de informações de tráfego e transmissão imediata e estável, e mantém as informações em segurança.

Além do IEEE 802.11p, WAVE também contém o padrão de IEEE 1609, que é o padrão da camada superior. IEEE 1609 completa o WAVE por seus padrões de sub detalhe, por exemplo, a norma IEEE 1609, é responsável pela segurança de comunicação; Norma IEEE 1609,3 cobre a configuração e gestão da conexão. IEEE 1609,4 é baseado no IEEE 802.11p camada física PHY e Controlo de Acesso de Mídia (MAC), camadas de alto nível em vários canais, como mostra a Figura 16. [21]

Resource Manager IEEE 1609.1		WSMP	WME IEEE 1609.3	Security Services IEEE 1609.2
UDP/TCP	WSMP			
IPV6				
LLC				
Multi Channel Operation IEEE 1609.4		MLME		
WAVE MAC IEEE 802.11p				
WAVE PHY IEEE 802.11p		PLME		

Figura 16 Arquitetura WAVE [22]

## 2.8 Exemplos de Aplicações

Neste capítulo vão ser apresentados alguns exemplos de aplicações ou tecnologias que ajudam os condutores na condução, tornando os veículos mais seguros e inteligentes.

- Detecção de Sinalização de Trânsito: ajuda a notificar os condutores se estão a transgredir a velocidade limite numa determinada estrada, ou então se não podem ultrapassar, o sistema reconhece sinais na estrada ou sinais luminosos variáveis em ecrãs nas estradas. [23]
- Detecção de objetos: ajuda os veículos a detetarem objetos ou pedestres, caso o condutor não consiga ver um objeto ou pessoa, o veículo pode abrandar ou em casos extremos parar para não embater, evitando assim vários acidentes e atropelamentos. [23]
- Detecção de estradas: ajuda os condutores a saberem se estão a saída da faixa de rodagem sem terem sinalizado que iam mudar de faixa (dar pisca de ultrapassagem ou sair de uma estrada). Em caso de os condutores estarem distraídos ou adormecerem e o veículo estarem a sair da faixa de rodagem, são emitidos avisos luminosos e sonoros para alertar o condutor. [23]
- Controlo reforçado de gestos: esta tecnologia de controlo por gestos foi desenvolvida pela Audi e como os comandos por voz, vem ajudar os condutores quando necessitam escrever ou aceder a alguma informação do computador de bordo, em vez de os condutores estarem constantemente a olhar para o computador de bordo, podem simplesmente escrever usando gestos num painel próprio para o efeito e com isso podem estar atentos à estrada. [24]
- Realidade aumentada: esta tecnologia vem ajudar os condutores, já que é apresentada informação relevante no visor, e à altura da visão do condutor. Com realidade aumentada, a visão do condutor não é efetuada para a estrada e é apresentada de forma clara informações relevantes, como por exemplo o caminho para um destino, sem necessidade de estar a olhar para um GPS ou telemóvel, informações sobre as condições meteorológicas, velocidade, etc., mas esta tecnologia tem uma desvantagem, em condições em que haja muito brilho, por exemplo sol a bater no vidro do carro, as imagens da realidade aumentada não são totalmente nítidas. [24]
- Aplicações a correr no carro como se estivessem a correr nos telemóveis com o mesmo poder de processamento e acessível a toda a hora a todo o momento, como ler o correio eletrónico recebido, responder, redes sociais etc. [24]
- Folha de baterias finas: as baterias nos veículos elétricos são uma desvantagem no peso do carro e no espaço que ocupam, devido a esta desvantagem os fabricantes de automóveis têm pesquisado sobre como espalhar por todo o veículo o carregamento do mesmo, sem perder equilíbrio e estética. Estas folhas de bateria são finas e flexíveis e podem estar em painéis ao longo do carro, tanto no interior e exterior, sem comprometer a estética dos veículos. [24]

- Dicas para economizar combustível: esta informação vai estar disponível para os condutores saberem se têm de abastecer, quando é o posto abastecimento mais próximo e com melhores preços. Com esta informação, os condutores podem decidir se querem abastecer o carro na próxima estação ou não. [24]
- Evolução a Longo Prazo (LTE): esta tecnologia permitiria os carros receberem atualizações via *internet*, como por exemplo, o GPS ser atualizado com o tráfego atual, mapas ao vivo, etc., permitindo também que os veículos inteligentes pudessem ser um “*hotspot*” para as pessoas com telemóveis ou portáteis em constante movimento. [24]
- Auto pintura de correção: já existe esta tecnologia de auto pintura, mas ainda não foi integrada em veículos para consumo próprio, esta tecnologia permite que pequenos riscos sejam repintados automaticamente, caso os riscos sejam mais profundos, estes não serão totalmente apagados, mas vai permitir disfarçar. É um avanço visto que não será necessário recorrer a pintores para que os veículos estejam sempre como se tivessem saído das fábricas. [24]

### 2.8.1.1 Potenciais aplicações de Segurança

A implementação destas aplicações V2I exigiria elementos de dados adicionais a serem transmitidos para os veículos e processados. A transmissão de dados adicionais tem a desvantagem de levar ao congestionamento das comunicações. É importante que as mensagens de segurança não sejam afetadas por esse aumento de dados adicionais. Alguns exemplos de possíveis aplicações de segurança para o V2I, mas ainda não foram desenvolvidas: [2]

- Violação do aviso das luzes vermelhas: aplicação que avisa se os condutores vão violar a luz vermelha dos semáforos, relativamente à velocidade e distância para os semáforos;
- Aviso de velocidade nas curvas: aplicação para avisar os condutores se vão em excesso de velocidade para fazer as curvas em segurança;
- Assistência nas paragens STOP: aplicação para auxiliar os condutores quando podem ou não entrar em cruzamentos com STOP do seu lado;
- Aviso de zonas velocidades reduzidas: aplicação para avisar os condutores para reduzir a velocidade, mudança de faixa ou parar o veículo;
- Locais com avisos sobre informações meteorológicas: aplicação para avisar em tempo real os condutores sobre as condições climáticas por localidade/região;
- Avisos de violação do sinal STOP: aplicação para avisar os condutores que vão violar o sinal de STOP;
- Aviso de violação da passagem de nível: aplicação para avisar os condutores quando é permitido ou quando há perigo de atravessar as passagens de nível, devido à passagem ou não de comboios;
- Aviso de veículos de grandes dimensões: aplicação para avisar os condutores se veículos de grandes dimensões mudarem de faixa ou pararem;

Em suma, estes exemplos permitem ajudar os condutores em termos de segurança como conforto. As expectativas estão cada vez maiores devido ao avanço da tecnologia, mas nem tudo são vantagens, como estas tecnologias são ainda novas ou estão em fase de testes e desenvolvimento, os custos finais vão ser elevados, só com o passar dos anos e uso destas tecnologias é que vai ser possível estar acessível a toda a gente com preços mais competitivos e baixos.

# 3 Simuladores

## 3.1 Descrição

Neste capítulo vão ser descritos quais as características necessárias para uma simulação de ITS e vários simuladores de redes “ad-hoc” genéricas e que modelam canais sem fios:

- QualNet;
- Network Simulator 2;
- Network Simulator 3;
- GEMV<sup>2</sup>;
- MKGSYS;

### 3.1.1 QualNet

A plataforma de simulação QualNet, simula o comportamento de uma rede de comunicações real, onde é possível testar conceitos, abordagens para um determinado cenário de rede. A simulação é um método de baixo custo para o desenvolvimento, implementação e gestão de sistemas de redes. OS utilizadores podem avaliar o comportamento de base de uma rede, testando a combinação de diferentes características de rede, como mostra a Figura 17.

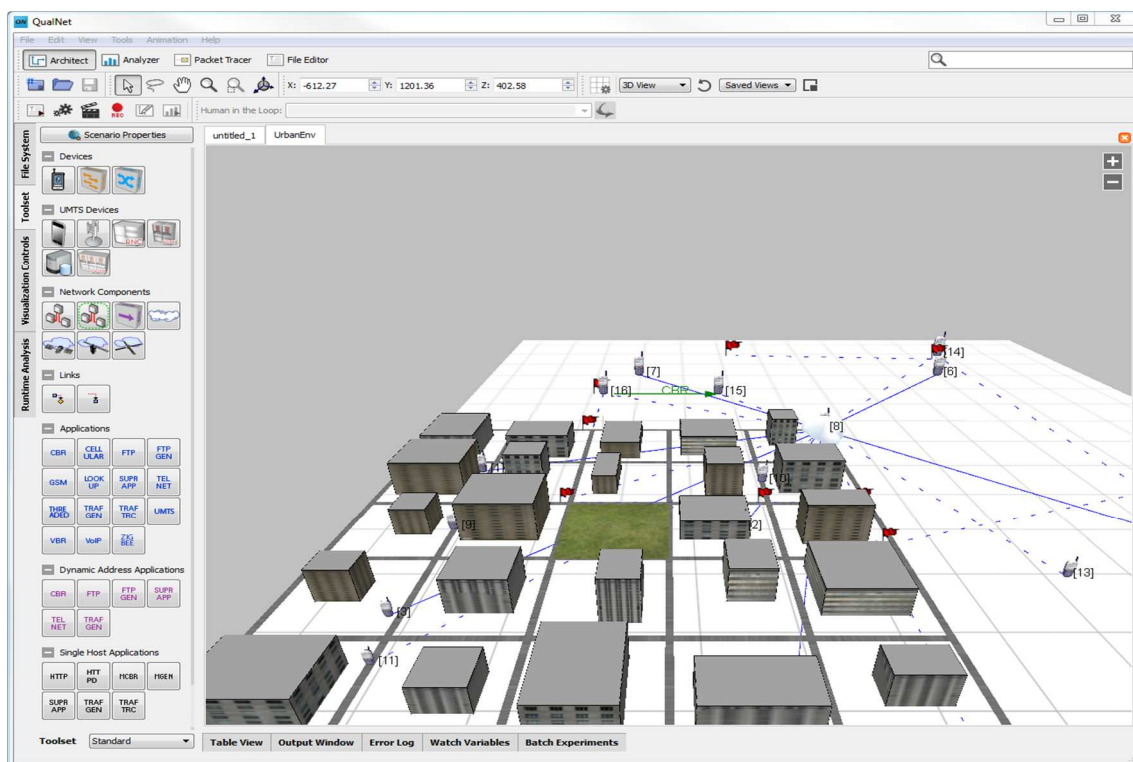


Figura 17 Aplicação QualNet [25]

O QualNet tem comunicações baseadas em cenários: [25]

- QualNet Architect: Ferramenta para criar os cenários para serem usados na simulação;
- QualNet Analyzer: Ferramenta gráfica que fornece dados recolhidos durante uma simulação;
- QualNet Packet Tracer: Ferramenta gráfica que fornece uma representação visual dos pacotes ao longo de uma simulação;
- QualNet File Editor: Ferramenta de edição de texto;
- QualNet Command Line Interface: Acesso à linha de comando para o simulador;

O QualNet fornece um ambiente abrangente para a conceção de protocolos, criação e animação de cenários de rede análise de desempenho e permite aos utilizadores: [25]

- Projetar novos modelos de protocolos;
- Otimizar modelos novos e existentes;
- Projetar grandes redes com e sem fio usando modelos pré-configurados ou criados pelos utilizadores;
- Analisar o desempenho de redes;

As principais características do QualNet são: [25]

- Velocidade;
- Escalabilidade;
- Fidelidade de modelo;
- Portabilidade;
- Extensibilidade;

No QualNet, permite que os utilizadores especifiquem todos os componentes e condições em que a rede irá operar na rede, como os detalhes do terreno, efeitos de propagação do canal, incluindo perda pelo caminho, sombreamento, etc., sub-redes com e sem fios, dispositivos de rede e toda a pilha de protocolos, como mostra a Figura 18.

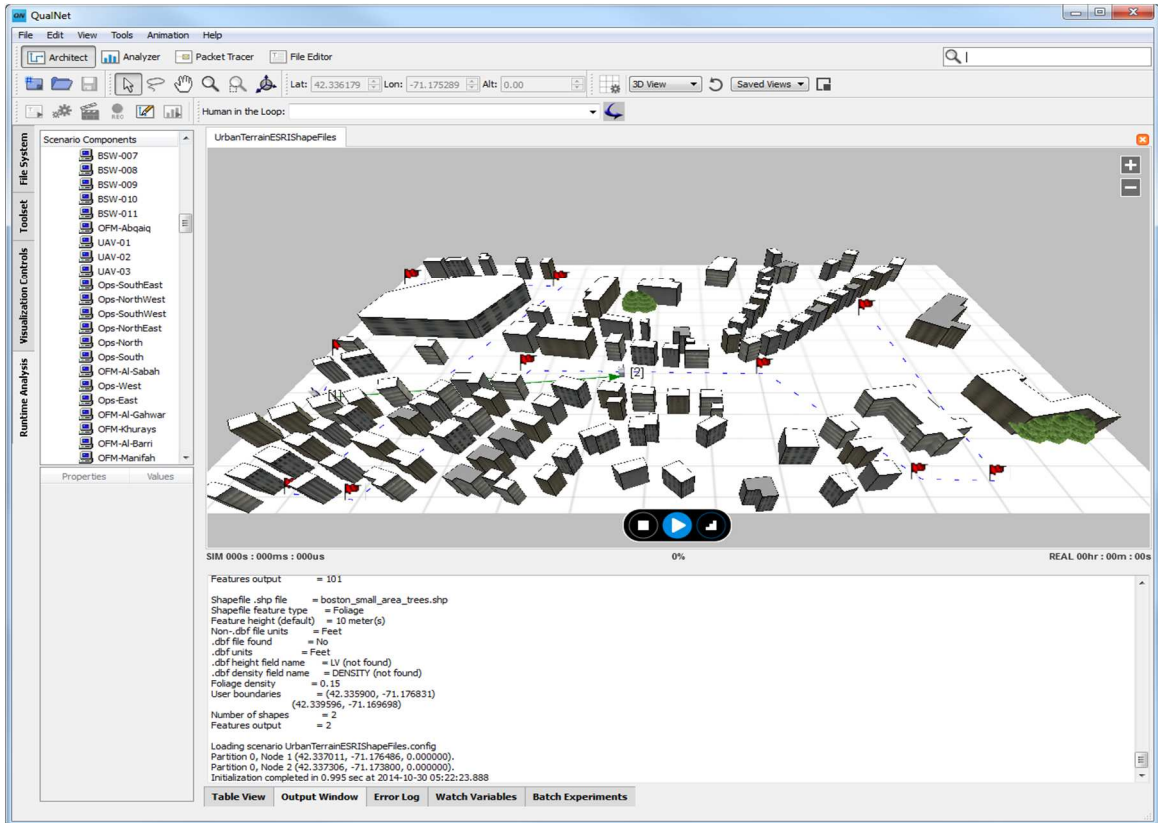


Figura 18 Cenário de Simulação do QualNet [25]

### 3.1.2 Network Simulator 2

Network Simulator 2, doravante também designado por NS 2, é um simulador de eventos discretos para investigação de redes. NS 2 fornece um apoio substancial para a simulação de tráfego TCP, encaminhamento e protocolos que implementam “multicast” para redes com e sem fio. NS2 permite o pré processamento para gerar tráfego e topologias, como mostram as Figuras 19 e 20.

O NS 2 foi criado pelo grupo de pesquisa VINT da Universidade da Califórnia, depois foi estendido pelo grupo de pesquisa da Universidade “Carnegie Mellon” para incluir mobilidade do nó, uma camada física mais realista com modelo de propagação via ondas rádio, interfaces de ondas rádio, IEEE 802.11 e MAC. [26]

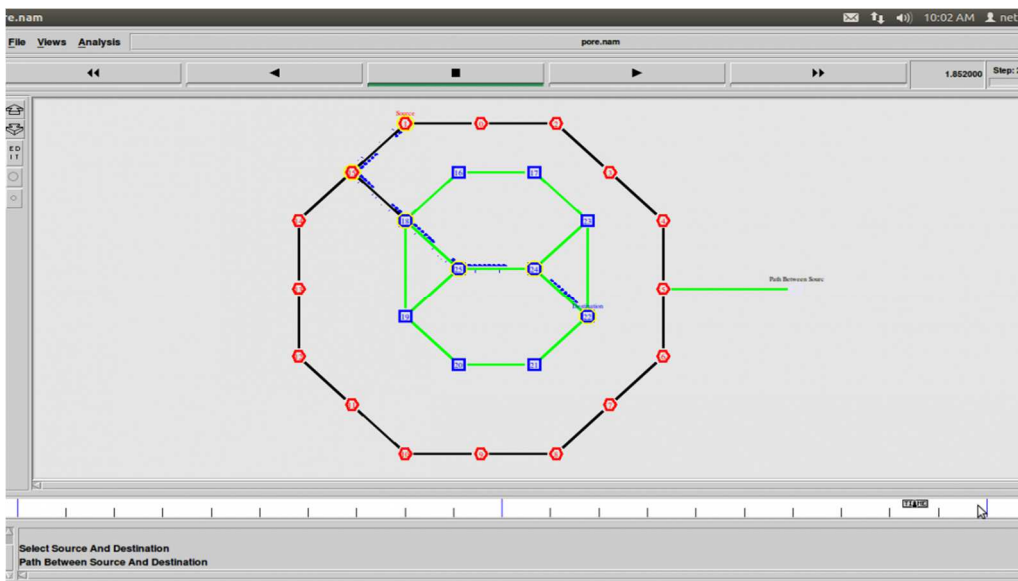


Figura 19 Simulação no NS 2 [27]

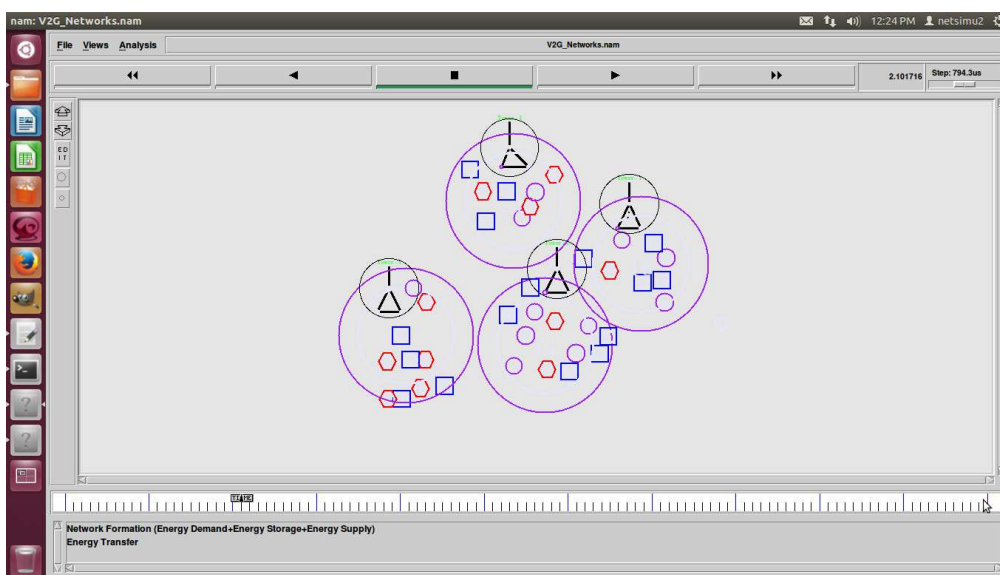


Figura 20 Simulação no NS 2 [27]

### 3.1.3 Network Simulator 3

Network Simulator 3, doravante também designado por NS 3, é a nova versão do NS 2, é um simulador de rede de eventos discretos, voltado principalmente para pesquisa e uso educacional. NS 3 é um produto “open source”, licenciado sobre licença *GNU GPLv2*, e está disponível ao público para investigação, desenvolvimento e uso.

O objetivo do projeto NS 3 é desenvolver um ambiente de simulação aberto para a pesquisa de rede, que deve estar alinhado com as necessidades de simulação, de pesquisa de rede moderna, devem encorajar a contribuição da comunidade, revisão por pares e validação do “software”, como mostram as Figuras 21 e 22. [28]

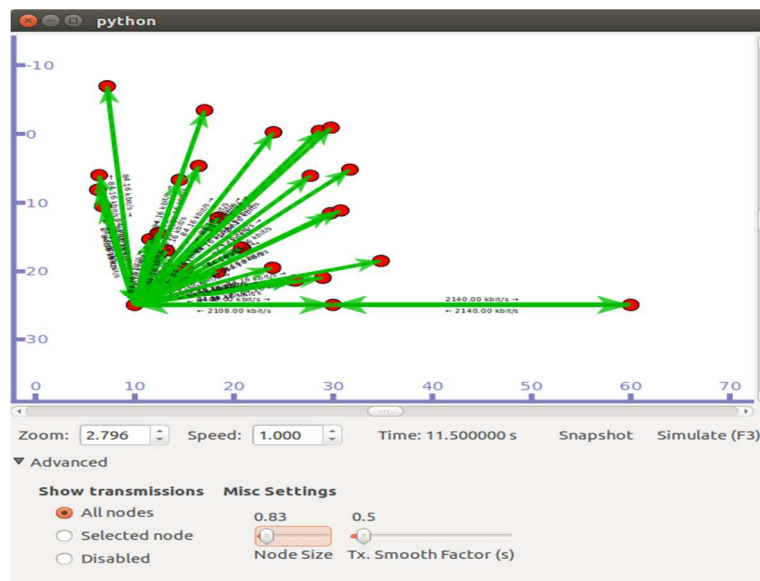


Figura 21 Simulação no NS 3 [29]

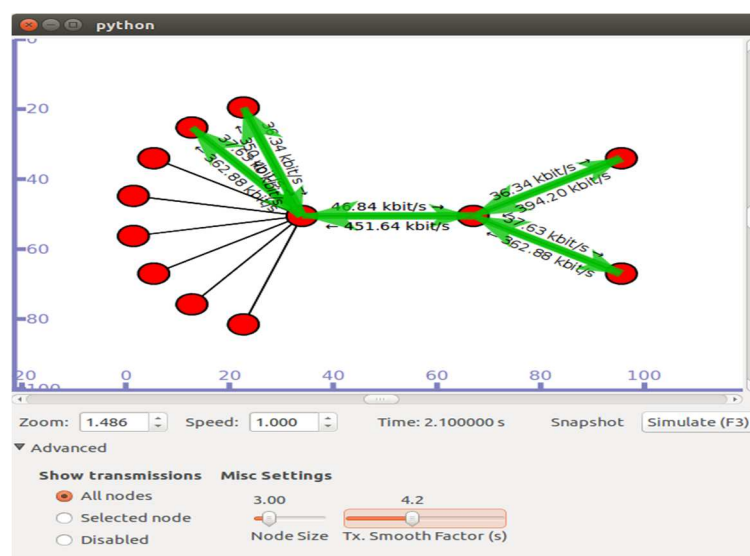


Figura 22 Simulação no NS 3 [29]

### 3.1.4 GEMV<sup>2</sup>

É um modelo de propagação eficiente baseado na geometria para V2V e V2I. [30]

Tem como principais características:

- Usa contornos de veículos, edifícios e vegetação para distinguir os seguintes três tipos de ligações: linha de visão (LOS), não usa LOS devido aos veículos, e não usa LOS devido a objetos estáticos, como mostra a Figura 23;
- Deterministicamente calcula variações de sinal de grande escala (atenuação do caminho, sombreamento);
- Calcula as variações de sinal em pequena escala utilizando o número e tamanho dos objetos em torno dos veículos de comunicação;
- Modelos tanto V2V e ligações V2I;
- Validar medições V2V e V2I em cenários urbanos, suburbanos, estradas e ambientes em espaços abertos;
- Importações de esboços de edifícios e espaços verdes;
- Importação de veículos e outros objetos de outras fontes de dados;
- Exporta a visualização de comunicação veicular para o formato KML (para uso com o *Google Earth* ou *NASA World Wind*), como mostram as Figuras 24 e 25;
- Implementado em MATLAB; distribuído gratuitamente;



Figura 23 Transição entre LOS e não LOS [30]

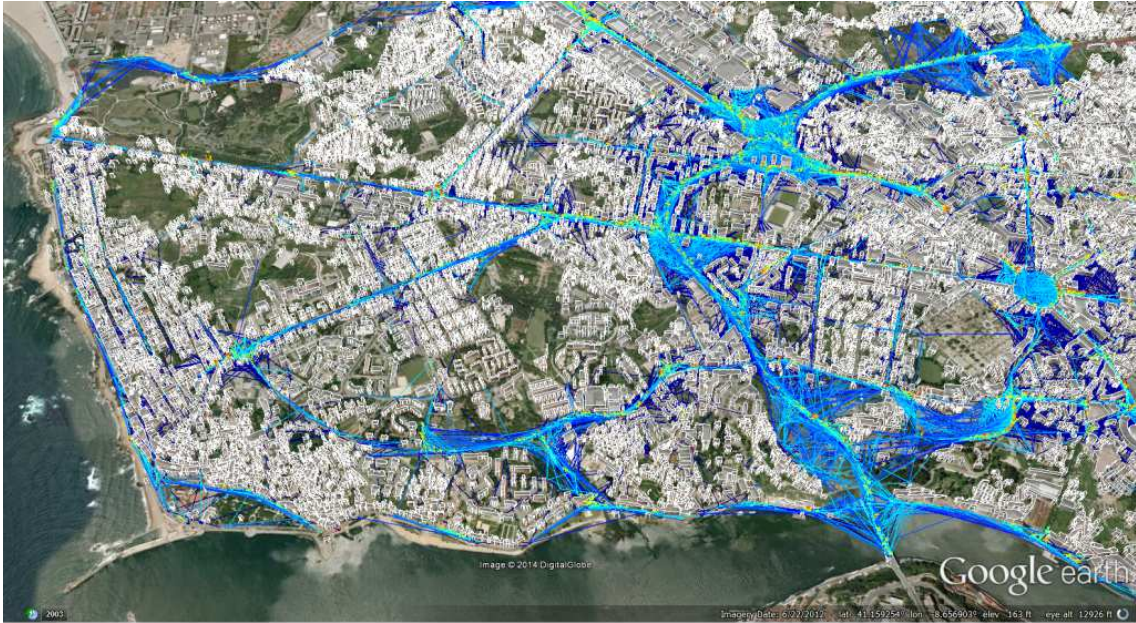


Figura 24 Google Earth - toda a cidade [30]

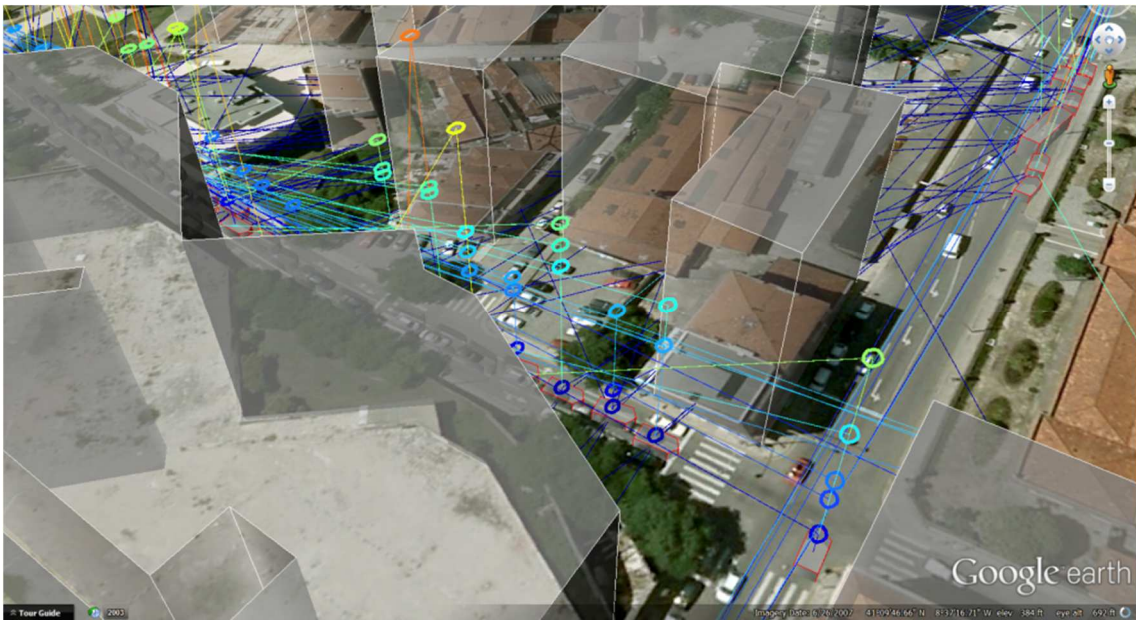


Figura 25 Google Earth - nível da rua [30]

### 3.1.5 MKGSYS

MKGSYS é um emulador e está disponível para encomenda sob licença e será configurado para cada cliente, utilizado o “hardware” MKG TH.

O “software” é adequado para organizações de investigação e desenvolvimento e para a indústria automóvel.

Este produto de “software” é adequado para testes em V2V e para o protocolo IEEE 802.11p, como mostram as Figuras 26 e 27.

Ele pode gerir até 12 vias de transmissão entre o transmissor e o recetor. Cada caminho pode ter diferentes amplitudes e com larguras de banda especificadas individualmente. [31]



Figura 26 MKGSYS [31]



Figura 27 MKGSYS [31]

## 3.2 Comparação

A Tabela 1 apresenta as comparações entre os vários simuladores descritos neste capítulo, aspectos técnicos dos simuladores. Esta comparação é importante para se tirar conclusões sobre que simulador utilizar em determinadas simulações ou se é possível usar em conjunto.

Tabela 1 Comparação de Simuladores

	QualNet	NS 2	NS 3	GEMV <sup>2</sup>	MKGSYS
Linguagens Programação [32] [30]	C++	C++, OTCL	C++, Python	MATLAB	***
Sistema Operativo Suportado [32] [31] [30]	Unix, Linux e Windows	Linux, Windows XP, Vista e 7, Mac OS	Linux, Windows XP, Vista e 7, Mac OS	Linux, Windows, Mac OS	Hardware próprio
Fácil de Usar [32] [31]	Moderado	X	X	V	V
Suporte GUI [32] [31]	V	Limitado	V	V	V
Tipo de Evento de Simulação [32]	Eventos Discretos	Eventos Discretos	Eventos Discretos	***	***
Número de nós [32] [31]	500-2000	Até 3000	X		Até 12 vias
Escalabilidade [32]	Largo	Limitado	Limitado	***	***
Aplicação [33] [25] [34]	<i>CBR, FTP, Telnet</i>	<i>Ping, vat, telnet, FTP, multicast, probabilistic, trace-driven traffic gen., web cache</i>	<i>Sockets API, P2P, traffic generator, Ping, Echo, Packet sink, Topology Input Readers</i>	<i>V2V, V2I</i>	<i>V2V</i>

Legenda:

V – Inclui

X – Não inclui

\*\*\* - Sem informação/ Informação não encontrada

Continuação da Tabela 1 – Comparação de Simuladores

	<b>QualNet</b>	<b>NS 2</b>	<b>NS 3</b>	<b>GEMV<sup>2</sup></b>	<b>MKGSYS</b>
Transporte [33] [25] [34]	<i>TCP, UDP, RSVP</i>	<i>TCP, UDP, SCTP, XCP, TFRC, RAP, RTP, Multicast: PGM, SRM, RLM, PLM</i>	<i>TCP stack emulation (Linux, BSD), DDCP, additional high speed TCP variants, UDP</i>	<i>***</i>	<i>TCP, UDP</i>
Rede [33] [25] [31]	<i>OSPF, AODV</i>	<i>Unicast: IP, MIP, DV, LS, IPinIP, SR, Multicast: SRM, MANET: AODV, DSR, DSDV, TORA, IMEP, Queuing: DiffServ, RED, WFQ, DropTail</i>	<i>Full IPv4 &amp; IPv6 support, NAT, BGP, OSPF, RIP, ISIS, PIM-SM, IGMP/MLD, static (Dijkstra) unicast, static multicast, DSDV, Global (link state), Nix-vector, DSR, VANET, Click, MANET: OLSR, AODV,</i>	<i>IEEE 802.11p</i>	<i>IEEE 802.11p, IEEE 1609</i>

**Legenda:**

**V** – Inclui

**X** – Não inclui

**\*\*\*** - Sem informação/ Informação não encontrada

Continuação da Tabela 1 – Comparação de Simuladores

	QualNet	NS 2	NS 3	GEMV <sup>2</sup>	MKGSYS
Ligação [33] [25]	IEEE 802.11, IEEE 802.3	ARP, HDLC, GAF, MPLS, LDP MAC: CSMA, IEEE 802.11b, IEEE 802.15.4, satellite Aloha, Queuing: Drop Tail, RED, RIO, SRR, WFQ, REM	New IEEE 802.11 model, Wifi IEEE 802.11 links, Mesh IEEE 802.11s, IEEE 802.11 variants (mesh, QoS), WiMAX IEEE 802.16, TDMA, CDMA, GPRS, CSMA, Bridge (IEEE 802.1D Learning), PPP, Zigbee, MPLS	***	***
Físico [33] [25]	Radio, Bus, point-point	Two-Way, shadowing, Omni Antennas, Energy model Satellite repeater	IEEE 802 physical layers, Rayleigh and Rician fading channels, GSM, Jakes composite loss model, Friis, log-distance	***	***
Paralelismo [32]	V	X	***	***	***
Disponibilidade para Ferramentas de Análise [35] [31]	V	V	V	V	V
Ferramentas para Visualização de Rede [35] [31]	V	V	V	V	V

Legenda:

V – Inclui

X – Não inclui

\*\*\* - Sem informação/ Informação não encontrada

Continuação da Tabela 1 – Comparação de Simuladores

	QualNet	NS 2	NS 3	GEMV <sup>2</sup>	MKGSYS
Possibilidade de Desenhar ou Modificar Cenários [35] [31]	V	V	V	V	V
Criar Ficheiros [35] [31]	V	V	V	V	V
Interação com Sistemas Reais [35] [31]	V	V	V	V	V
Comunicação com outros módulos [35]	V	X	X	***	***
Comunicação com outros módulos [35]	V	X	X	***	***
Capacidade de Simulação Rápida [35]	V	X	X	V	V
Emulação [33]	V	V	V	V	V
Documentação Disponível [32]	Excelente	Excelente	Excelente	Limitada	Limitada
Gratuito	V/X	V	V	V	X

Legenda:

V – Inclui

X – Não inclui

\*\*\* - Sem informação/ Informação não encontrada

## 4 Simulações

Neste capítulo vão ser descritas 3 simulações, descrevendo o processo e os dados resultantes. Depois vai ser tirada uma conclusão dessas 3 simulações descritas.

### 4.1 Descrição Simulações

#### 4.1.1 Simulação 1

Esta simulação foi realizada no âmbito do estudo para ver a viabilidade da tecnologia VANET em larga escala e em ambientes próximos da realidade, em casos de emergência nas autoestradas em Portugal. Vão ser avaliadas 3 pontos para analisar as vantagens das redes veiculares, o tempo de resposta quando há acidente para avisar os outros veículos na zona para evitar acidente em cadeia, avisar os veículos mais longe do local para mudarem de rota e também se vale a pena investir em infraestruturas para RSU.

Para simular usaram o simulador Modelo Gerador Mobilidade para Redes Veiculares (MOVE), este simulador permite modelar cenários com elevado número de nós e integração com outros simuladores. Para usados os dados e características definidas nas Tabelas 2 e 3. Os veículos foram colocados na origem (entrada da autoestrada), definindo aleatoriamente a partida de cada veículo, definindo também a velocidade máxima que cada veículo pode atingir, neste caso 120km que é a velocidade máxima permitida em Portugal nas autoestradas. [36]

Tabela 2 CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO [36]

<b>Comprimento do troço (m)</b>	3000 (km 22 – km 25)
<b>Sentido do trânsito</b>	Cascais – Lisboa
<b>Número de vias</b>	2/3
<b>Limite de velocidade (km/h)</b>	200

Tabela 3 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS MAIS RELEVANTES [36]

	Posição Real	Posição MOVE (m)
<b>Local acidente</b>	Km 22.075	2925
<b>Primeira saída</b>	Km 23.230	1770
<b>RSU 1</b>	Km 24.840	160
<b>RSU 2</b>	Km 23.790	1210
<b>RSU 3</b>	Km 22.600	2400

Para simular o acidente usaram o simulador de redes NS 3, com suporte para IEEE 802.11p, a escolha recaiu nesse simulador por ser gratuito e ter uma grande comunidade científica o que ajuda a criar simulações complexas e reproduzir o mais possível a realidade. Para esta simulação definiram quatro pontos:

- Taxa Aviso: “percentagem de veículos em circulação que receberam a notificação de acidente.”
- Taxa Aviso Útil: “percentagem de veículos em circulação que receberam a notificação do acidente dentro dos limites de latência e alcance característicos da aplicação PCW.”
- Latência de Notificação: “tempo que decorre desde que o acidente ocorre até que o veículo é notificado.”
- Posição Latência: “posição do nó quando recebe a notificação de acidente, medida em relação à coordenada de entrada.”

Relativamente aos dados obtidos nesta simulação, é dada a informação na altura do acidente dos veículos, em que “gráficos do tipo XY, nos quais coordenada X descreve a Latência de Notificação e a coordenada Y a Posição de Notificação.”. Foram simulados acidentes em dois cenários distintos para se poder comparar com mais realismo, como é o caso dum acidente em que há pouco tráfego, como mostram as Figuras 28 e 29, e outro cenário em que há muito tráfego, como mostram as Figuras 30 e 31. As RSU estão a vermelho nas imagens abaixo. [36]

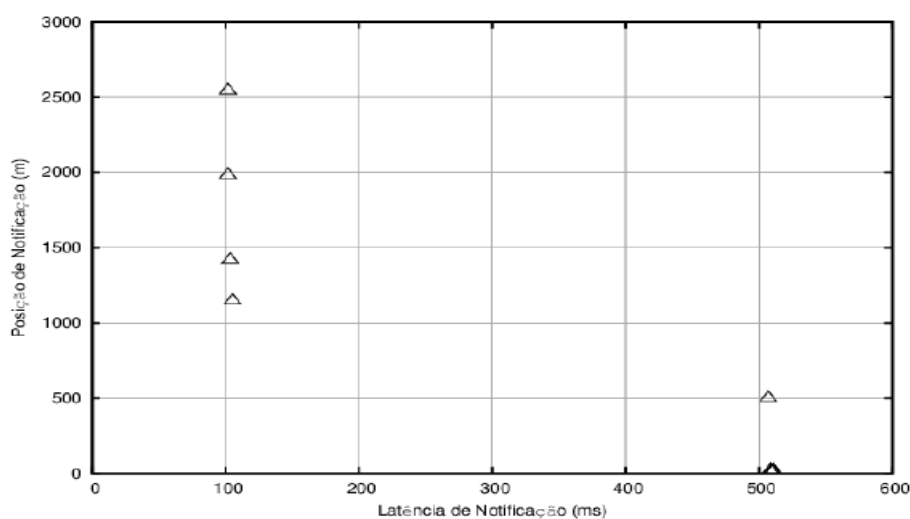


Figura 28 Baixa intensidade veicular; Comunicação V2V; 1 via bloqueada [36]

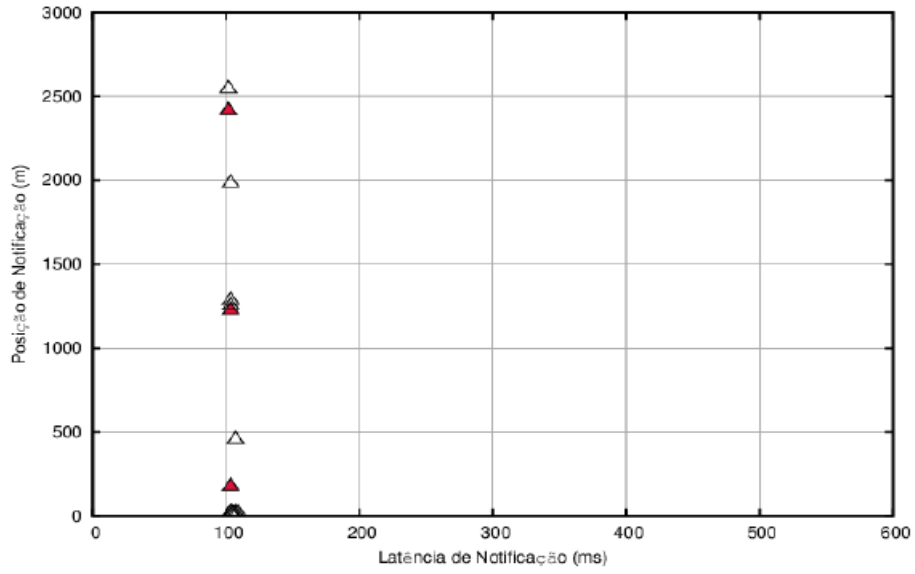


Figura 29 Baixa intensidade veicular; Comunicação V2I; 1 via bloqueada [36]

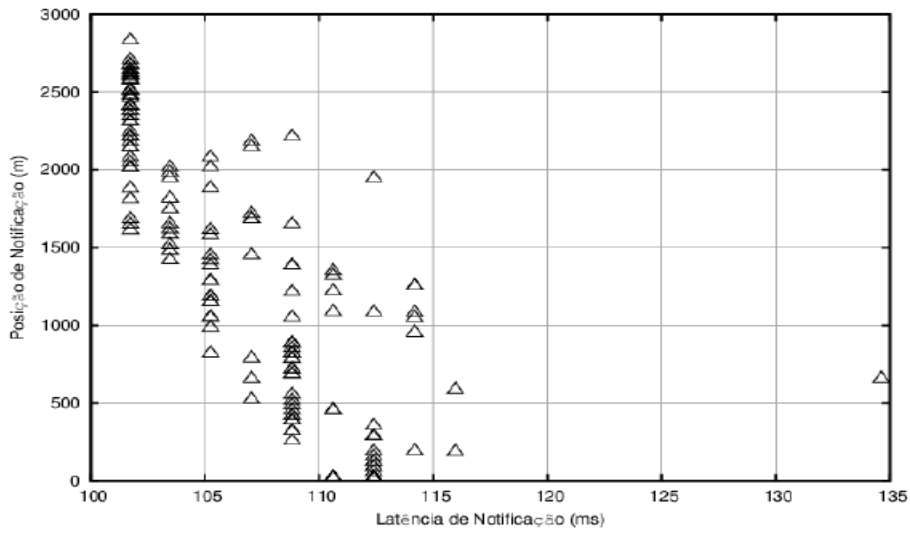


Figura 30 Elevada intensidade veicular; Comunicação V2V; 1 via bloqueada [36]

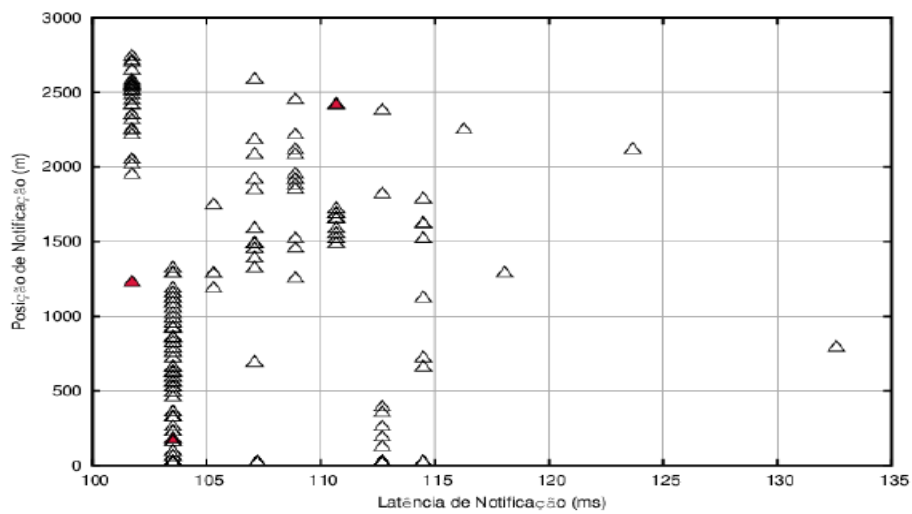


Figura 31 Elevada intensidade veicular; Comunicação V2I; 1 via bloqueada [36]

O uso de RSU reduz o número de envio de pacotes entre a origem e o destino, como as RSU têm longo alcance, isto permite transmitir aos veículos mais longe sem latência, reduzindo a latência de notificação, como mostram as Figuras 32 e 33. [36]

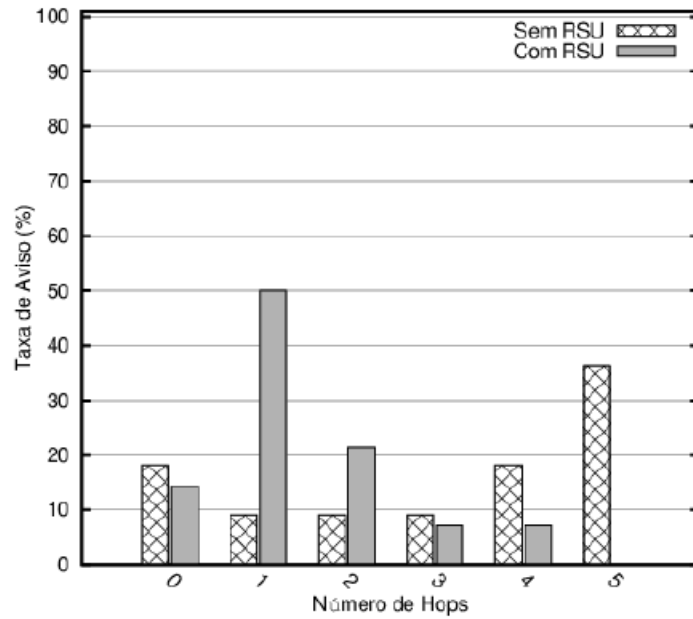


Figura 32 Baixa intensidade veicular; Comunicação V2V e V2I; 1 via bloqueada [36]

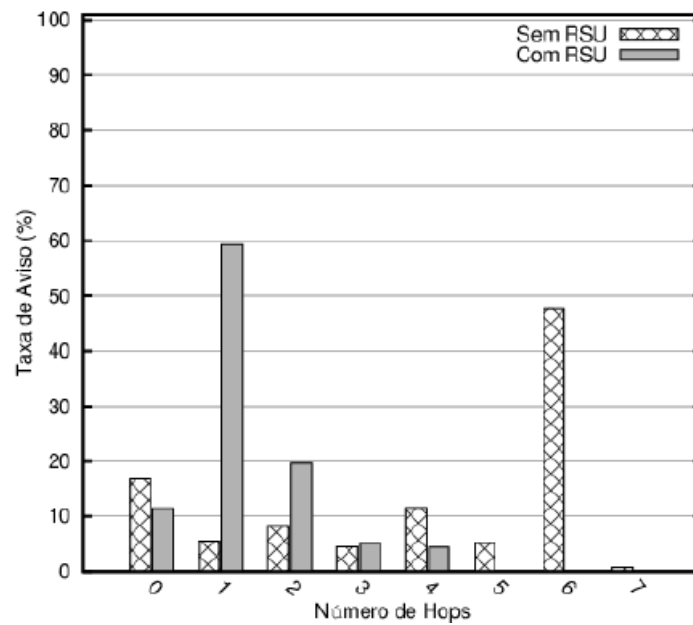


Figura 33 Elevada intensidade veicular; Comunicação V2V e V2I; 1 via bloqueada [36]

### 4.1.2 Simulação 2

Esta simulação foi realizada no âmbito do estudo para ver a viabilidade da tecnologia para ajudar a reduzir o trânsito nas grandes cidades, esta simulação foi realizada em Belo Horizonte, Brasil. Com a troca de informação sobre o trânsito, os condutores que estão a conduzir em direção ao trânsito, podem ser avisados a tempo e com isso optarem por rotas alternativas, evitando assim aumentar o congestionamento, perder muito tempo parado e gastar muito combustível (aumento da poluição ambiental).

Vai ser usado um método para contar o número de veículos para descobrir se há ou não congestionamento, esse método é denominado “Método da Árvore”, vão ser usados dois métodos para esta simulação o “Método da Árvore Original” e o “Método da Árvore Modificado”, para se descobrir se há congestionamento, os veículos enviam mensagens aos veículos vizinhos. Este método tem desvantagens, como por exemplo, é necessário que todos os carros enviem mensagens, para que um veículo valide se está ou não num congestionamento.

Esta simulação vai estudar o tempo que o último carro comunicou quando chegou à área congestionada, quanto tempo demorou para detetar o congestionamento em média, o número de carros presos no trânsito e o número de pedidos ao algoritmo para detetar se há congestionamento ou não. Foram utilizados para esta simulação o SUMO para simular a mobilidade, o “OMNeT++” para simular a rede e o “Veins” para fazer a integração entre os dois simuladores. Os dados utilizados na simulação:

- 61 Veículos no total, 54 no congestionamento, 10 minutos de simulação;
- 62 Veículos no total, 54 no congestionamento, 10 minutos de simulação;
- 86 Veículos no total, 75 no congestionamento, 15 minutos de simulação;
- 111 Veículos no total, 99 no congestionamento, 20 minutos de simulação;

Na Figura 34, pode-se verificar que o último veículo a chegar à área congestionada conseguiu perceber mais rapidamente com o Método da Árvore Modificado do que com o Original. [36]

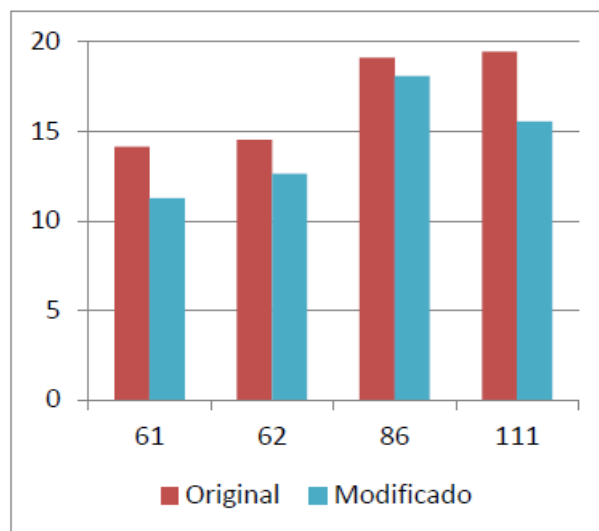


Figura 34 Último Veículo [36]

Na Figura 35, descreve o tempo médio em minutos, em que os veículos precisaram para perceberem o congestionamento.

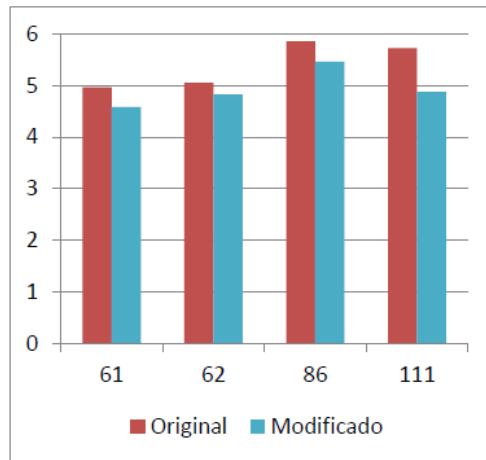


Figura 35 Tempo Médio [36]

Na Figura 36, indica o tempo total para somar todos os veículos parados no congestionamento.

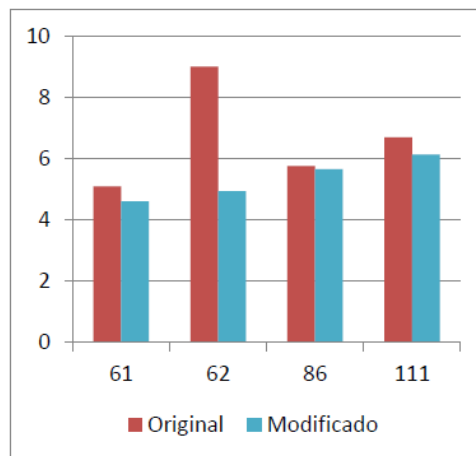


Figura 36 Raiz somou total [36]

Na Figura 37, indica o total de pedidos para saberem se há ou não congestionamento.

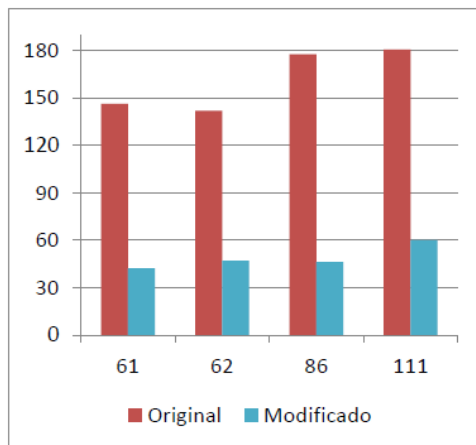


Figura 37 Chamadas ao algoritmo de Descoberta [36]

### 4.1.3 Simulação 3

Esta simulação foi realizada no âmbito do estudo para ver a viabilidade da tecnologia V2V, estudando as técnicas de modelagem de propagação, este estudo foi realizado tendo como base a cidade de Doha no Qatar. Esta simulação centrou-se no estudo do impacto da geometria da área metropolitana no desempenho da propagação do sinal entre veículos, analisando o desempenho, a potência do sinal recebido, taxa de entrega de pacotes e o alcance confiável da comunicação.

Teve-se em conta os vários tipos de ambientes, como urbano, suburbano, rural, etc. e teve-se em conta também os vários tipos de obstruções à propagação do sinal, como por exemplo os veículos e edifícios.

Esta simulação foi realizada no simulador GEMV<sup>2</sup>, a geometria de Doha foi extraída e utilizada no simulador SUMO, foram também utilizados 100 veículos com origens aleatórias, os veículos andam à velocidade 20 a 60 Km/h.

A Figura 38 mostra a diferença de potência (dBm) do sinal, devido às obstruções tanto dos veículos como dos edifícios.

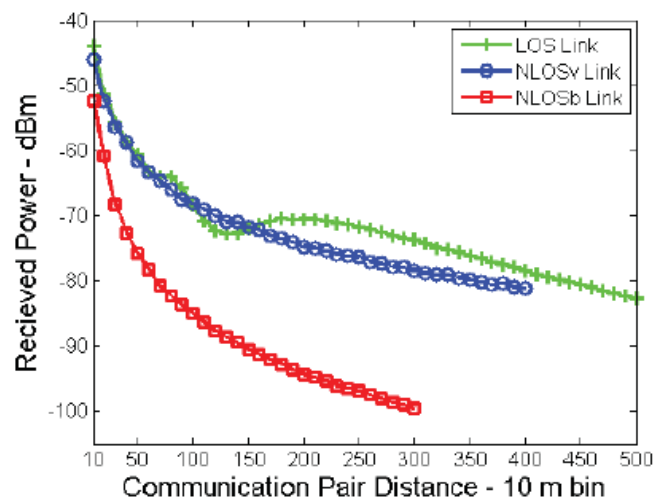


Figura 38 Avaliação de desempenho em termos de potência do sinal recebido (dBm) vs. Distância (m)

A Figura 39 mostra como as obstruções resultaram na diminuição da entrega bem-sucedida dos pacotes ao longo do tempo e distância.

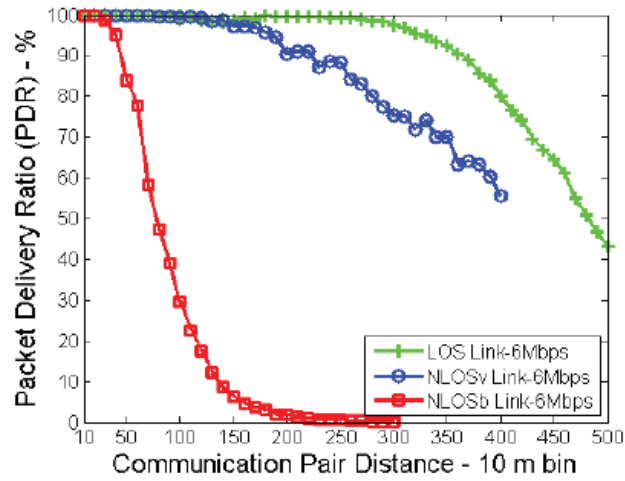


Figura 39 avaliação de desempenho na entrega dos pacotes (PDR) (%) Vs. Distância (m)

A Figura 40 mostra o alcance da comunicação fiável entre o emissor e o recetor para diferentes tipos de ligação e taxas de dados também diferentes.

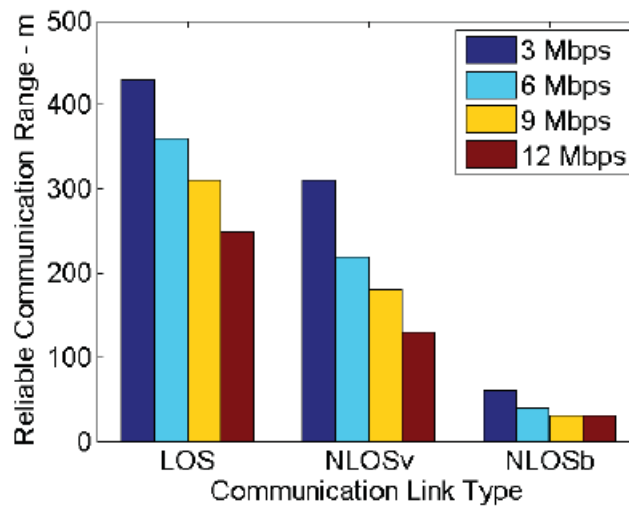


Figura 40 Avaliação do desempenho do alcance da comunicação fiável (m)

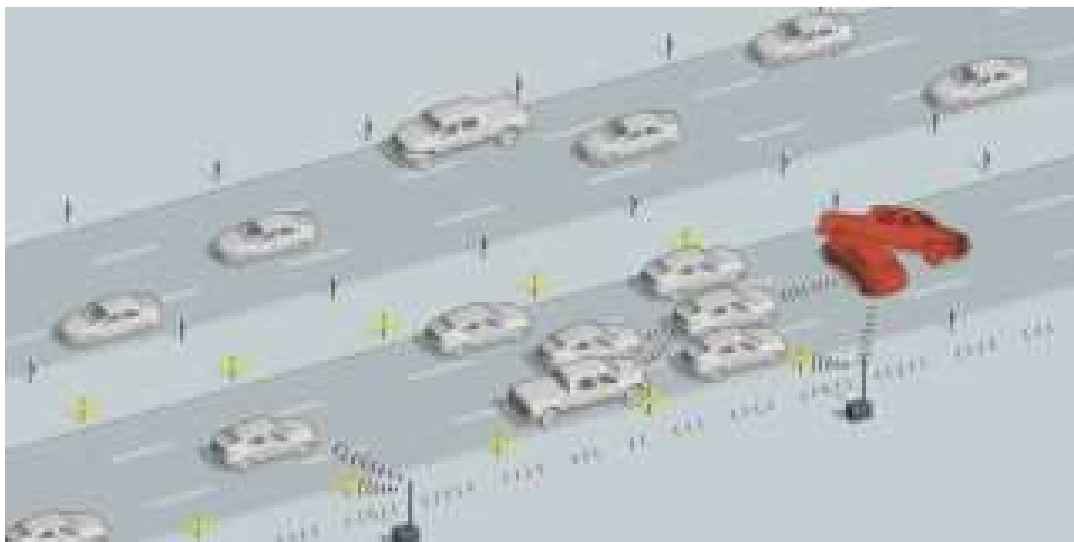
## 4.2 Conclusão Simulações

Depois de analisar e estudar as três simulações acima descritas, vão ser apresentadas abaixo as minhas conclusões sobre os resultados apresentados. As três simulações falam de casos diferentes entre si, assim dá mais informação sobre as redes veiculares em cenários diferentes, e não se focar só num tipo de simulação.

### 4.2.1 Conclusão da Simulação 1

Esta simulação foi realizada em Portugal em casos de emergência nas autoestradas, usando tecnologias VANET, e foram avaliados três pontos, tempo de resposta quando há acidente para evitar acidentes em cadeia, avisar os condutores mais afastados para mudarem de rota e se vale a pena investir em infraestruturas para RSU.

A tecnologia RSU permite os veículos comunicarem com as infraestruturas ao longo das estradas, permitindo aos veículos recolherem dados do que se está a passar a quilómetros de distância à frente da localização atual e também enviar informação para essas infraestruturas para que possam ser usadas por outros veículos, como mostra a Figura 41.



*Figura 41 Ligação entre os Veículos e as RSU (V2I) [37]*

Caso os carros não estejam ligados à internet, com esta tecnologia podiam fazer pedidos às RSU e as RSU como tem ligação à internet faziam a ponte com os veículos e a internet, como mostra a Figura 42.

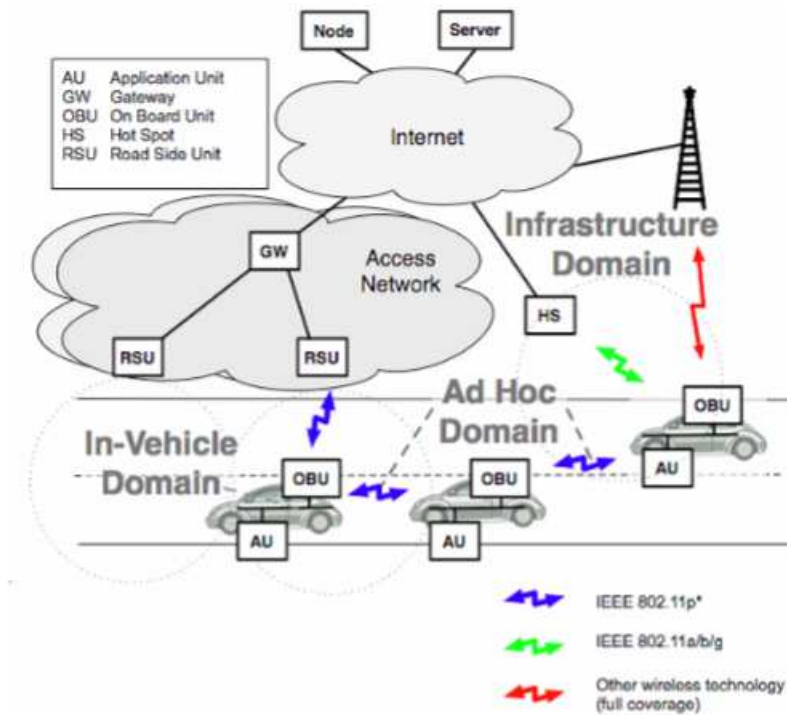


Figura 42 Comunicações V2V, V2I (RSU) [38]

Na Figura 32 da secção anterior (4.1.1), mostra a taxa de aviso em percentagem na simulação com baixa intensidade de veículos, como podemos verificar com o uso das RSU a taxa de aviso é superior e alcança mais rapidamente os veículos mais longe, isto é devido à diminuição de comunicações que são necessárias entre a origem e o destino, isto é, as RSU podem comunicar entre si, e depois distribuir aos veículos nas suas redondezas, permitindo assim distribuir mais rapidamente a informação do acidente.

Na Figura 33 da secção anterior (4.1.1), mostra a taxa de aviso em percentagem na simulação com elevada intensidade de veículos, e como o gráfico anterior com a ajuda das RSU a taxa de avisos é superior, evitando assim acidentes em cadeia ou congestionamento das vias, visto que a informação chega mais longe rapidamente, evitando assim que os veículos continuem nessas vias, podendo recorrer a vias alternativas.

Em suma, as RSU são um mecanismo que ajudam a transmitir informações mais rapidamente e com maior alcance, do que se fossem feitas através dos veículos entre eles, porque iam ser necessárias mais envios da informação do que se fosse uma RSU a enviar a informação para um grupo de veículos na sua “zona de ação”.

Caso os veículos viessem todos com equipamentos preparados para estarem ligados à internet, as RSU se enviassem para uma base a informação do acidente, os veículos podiam aceder a essa informação na hora aumentando a rapidez da obtenção da informação, porque neste caso não era necessário que as RSU comunicassem às RSU ao longo da via, bastando a/as que está/estão na zona do acidente informar na hora, depois de recebida uma informação por parte dos veículos intervenientes no acidente.

Com esta tecnologia ia ser também possível avisar automaticamente as autoridades e ambulâncias do ocorrido, com informação sobre as coordenadas do local, com isso evitava-se ter de telefonar para o número de urgência, que demora a obter todas as informações e depois ter de contactar as autoridades e ambulâncias. DE forma automática, podiam sair mais rápido e direccionar-se ao acidente, escolhendo as vias mais rápidas, aumentando assim a percentagem de salvamentos das vítimas dos acidentes.

#### 4.2.2 Conclusão da Simulação 2

Esta simulação usa um método para determinar se há congestionamento ou não, esse método é chamado método da árvore, e para esta simulação usaram outro método da árvore mas com modificações o que permitiu aumentar a desempenho na detecção do congestionamento. A Figura 43 mostra a criação da árvore para esta simulação, usando as seguintes variáveis (Tabela 4).

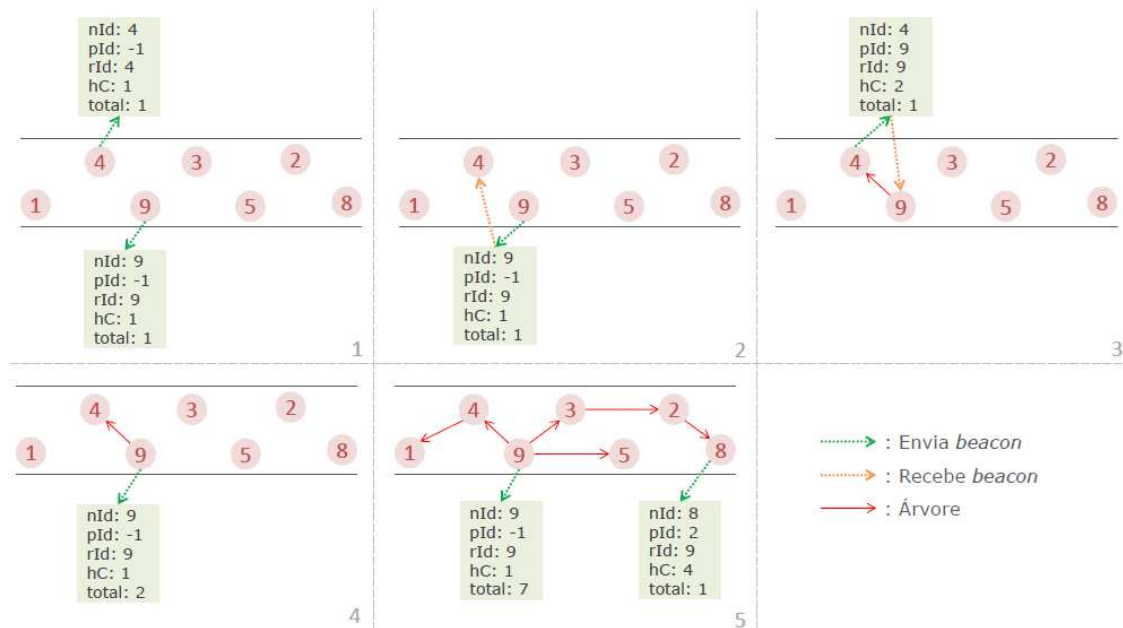


Figura 43 Criação da árvore [36]

Tabela 4 Estrutura de um "beacon" [36]

Parâmetro	Padrão	Descrição
nId	nId	Id do veículo
pId	-1	Id do pai do veículo
rId	nId	Id da raiz atualmente conhecida
HopCount	1	Quantidade de saltos até à raiz
Total	1	Soma dos totais dos filhos, em nós folha é sempre 1

O método da árvore original é montada uma árvore com os veículos envolvidos no congestionamento, identificando-os com um identificador único (id) e assim consegue-se contar quando veículos estão no congestionamento e estão equipados com equipamentos de envio de mensagens (“beacons”) através da rede sem fios. Em seguida, vou transcrever o método da árvore original com as regras do funcionamento:

*“Sempre que um “beacon” é recebido, o veículo guarda o veículo emissor como vizinho e verifica se ainda é vizinho dos veículos que ele era anteriormente. Se sim, um contador de congestionamento é acrescido de 1. Quando esse contador ultrapassa o limite de 40 intervalos de tempo, ou todos os vizinhos do veículo indicam congestionamento e o contador ultrapassa 2 intervalos de tempo, o veículo muda seu estado para congestionamento e o algoritmo de montar a árvore e somar os nós começa a ser executado. 40/2 Intervalos de tempo foram definidos pelos autores do trabalho original como os mais adequados para identificar o congestionamento.*

*Quando o veículo recebe um “beacon” de um veículo com uma id maior que a dele para a raiz da árvore, ele muda seu parâmetro do id da raiz (rid) da árvore para o recebido e o seu parâmetro de id do pai (pid) para o id do veículo do qual ele recebeu o “beacon”. Dessa forma o veículo é anexado à árvore. Quando o veículo recebe um “beacon” vindo de um filho, ele atualiza seu parâmetro de total, somando o total recebido do filho. Assim vai até chegar na raiz da árvore, que saberá, então, o total de veículos no congestionamento.*

*Para impedir que ciclos sejam formados na árvore, cada veículo mantém um contador que guarda o seu número de saltos até a raiz da árvore. Se um veículo P recebe um “beacon2 de um filho F que tem menos saltos que ele para a raiz da árvore, P manda uma mensagem para todos os seus filhos voltarem seus valores para o padrão e se desconectarem da árvore. Então, P também volta todos os seus valores para o padrão e se desconecta da árvore. Os veículos desconectados voltarão a fazer parte da árvore assim que receberem um “beacon” com rID maior que o conhecido.” [36]*

Em seguida, vou transcrever o método da árvore modificado com as regras do funcionamento:

*“Foram propostas três alterações no método original para tentar melhorar sua eficiência e o resultado dessas alterações resultou no método proposto em [Brito et al. 2014]. A montagem da árvore acontece da mesma maneira que no algoritmo original. As mudanças estão indicadas com texto sublinhado nos algoritmos abaixo.*

*A primeira alteração foi chamar o algoritmo de descobrir o congestionamento apenas se o veículo não está em um congestionamento. No método original, os veículos continuam executando esse algoritmo mesmo quando já sabem que estão em um congestionamento, o que leva a um processamento desnecessário. Com a alteração proposta, esse algoritmo só é executado quando necessário.*

*A segunda alteração proposta foi considerar as informações da maioria dos vizinhos, não de todos, para um veículo decidir seu estado. Essa alteração torna possível que os veículos se decidam pelo estado de congestionamento mais rapidamente, pois um ou outro vizinho que ainda não concorde com a situação de congestionamento não vai influenciar na sua decisão.*

*A terceira, e última, alteração proposta foi considerar as informações de um “beacon” recebido apenas quando seu veículo emissor também indica congestionamento. Essa alteração foi proposta para evitar o problema causado por uma “raiz falsa”. Seguindo o método original, os veículos começam a executar o algoritmo de montar a árvore quando passam a indicar congestionamento, mas não há uma preocupação se os veículos sendo anexados à árvore estão realmente no congestionamento. Se um veículo A com id mais alto do que os que estão no congestionamento passa perto da área congestionada, em uma rua paralela por exemplo, e entra em contacto com algum veículo B no congestionamento, o veículo B pode achar que o veículo A é a raiz da árvore e começar a avisar aos outros veículos sobre A ser a raiz. Como A não está no congestionamento, ele logo sai da área de alcance, mas os veículos continuam achando que ele é a raiz por um tempo. A alteração proposta evita esse problema, pois apenas se um veículo indica congestionamento ele é adicionado à árvore. Portanto, a raiz falsa (veículo de id alto que não participa do congestionamento, mas que entra no alcance de algum veículo no congestionamento) nunca é considerada a raiz da árvore quando os veículos seguem o método proposto.” [36]*

A Figura 44, mostra as alterações que foram processadas ao método da árvore original.

---

**Algorithm 1** Veículo recebeu um *beacon*

---

Atualiza listas de vizinhos

**if** Todos os vizinhos na lista de antigos estão na lista de atuais **then**  
     $contador \leftarrow contador + 1$   
**end if**

**if** Não estou em um congestionamento<sup>alt 1</sup> **then**  
    Chama Algoritmo 2 para verificar meu estado  
**end if**

**if** Estou em congestionamento **and** *Beacon* recebido indica congestionamento<sup>alt 3</sup> **then**  
    Chama algoritmo para tratar o *beacon* recebido  
**end if**

---

**Algorithm 2** Descobrir congestionamento

---

$limite1 \leftarrow 2$   
 $limite2 \leftarrow 40$

**if** Maioria<sup>alt 2</sup> dos meus vizinhos em congestionamento e  $cong > limite1$  **or**  
 $contador > limite2$  **then**  
    Estou em um congestionamento  
**end if**

---

Figura 44 Método da Árvore Modificado [36]

Na Figura 34 da secção anterior (4.1.2), é mostrado nos quatro cenários simulados, em que tempo em minutos o último carro chegou ao congestionamento, como podemos verificar o método da árvore modificado tem melhor performance, isto acontece porque é chamado o algoritmo para descobrir o congestionamento apenas para os veículos que estão fora da zona congestionada e também o envio das mensagens apenas pelos veículos que estão na vizinhança (Segunda alteração ao método original), isto permite ganhar performance porque não se perde tempo nem aumenta o tempo de espera pelas respostas.

Na Figura 35 da secção anterior (4.1.2), é mostrado o gráfico com o tempo médio que foram precisos para se descobrir o congestionamento, mais uma vez o método modificado foi mais eficiente pelas mesmas razões do primeiro gráfico, e as mensagens que circulam no método modificado são só as do congestionamento, retirando assim o envio de mensagens desnecessárias que iam ocupar a rede e com isso aumentar o tempo até se descobrir o congestionamento (Terceira alteração ao método original).

Na Figura 36 da secção anterior (4.1.2), mostra o número total de veículos parados no congestionamento, como podemos verificar a diferença foi maior nos 62 veículos, porque foi incluído um carro com um ID modificado nos dois métodos, com um ID maior do que os outros o que originou uma raiz falsa.

Na Figura 37 da secção anterior (4.1.2), mostra o número de pedidos para saber se há ou não congestionamento, o método modificado é mais eficiente porque só enviam aos vizinhos se há congestionamento, com isso não são necessárias enviar muitas mensagens o que aumenta o tempo de resposta e ocupa mais a rede.

Em suma, o método modificado é mais eficiente porque não perde tempo com todos os veículos a circular, isto num ambiente real era incomportável, se tivéssemos por exemplo numa grande cidade em hora de ponta, se fossem enviadas mensagens a todos os carros, a rede ia ser sobrecarregada com pedidos para se descobrir se há ou não congestionamento, o que originava também que mensagens importantes pudessem ficar à espera das mensagens menos importantes como o pedido de informação sobre o congestionamento.

Penso que o método modificado ainda não é o ideal, porque referi em cima, num ambiente real com mais veículos, em hora de ponta, vão ficar muitas vias congestionadas, é necessário arranjar um mecanismo ou aplicação que possa determinar consoante a hora, percurso e hábito de cada condutor/veículo e com a ajuda do GPS, essa aplicação podia determinar qual a melhor rota que podemos tomar e assim distribuir melhor os veículos pelas rotas até aos seus destinos.

### 4.2.3 Conclusão da Simulação 3

Esta simulação utiliza rede sem fios para transmitir os pacotes entre veículos e infraestruturas. Para esta simulação usam três métodos de envio, A linha de Visão (LoS) e Fora da Linha de Visão (NLoS), para o NLoS, como mostram as Figuras 45 e 46, identificam dois tipos diferentes, o NLoS para edifícios (NLoSb) e para os veículos (NLoSv).

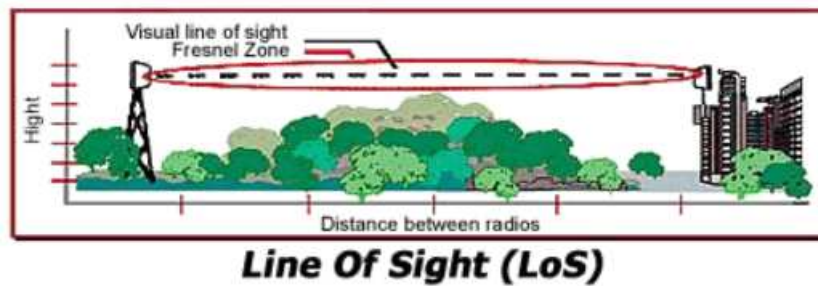


Figura 45 Linha de Visão (LoS) [39]

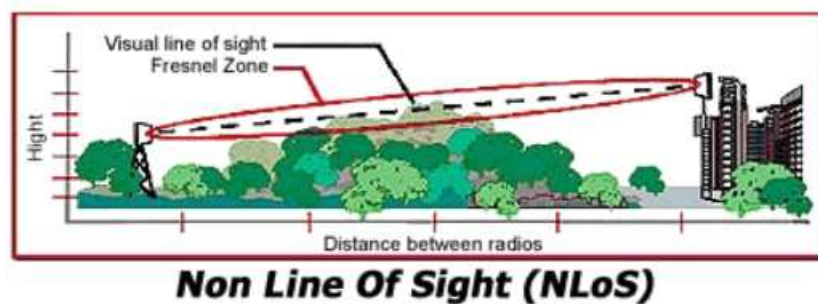


Figura 46 Fora da Linha de Visão (NLoS) [39]

A tecnologia LoS é quando há ligação direta entre o emissor e recetor sem obstáculos a impedir ou obstruir o sinal.

A tecnologia NLoS é o oposto do LoS, e como o nome indica não é uma ligação direta devido aos obstáculos entre o emissor e recetor.

Como podemos ver na Figura 38 da secção anterior (4.1.3), à medida que nos afastamos do emissor, a potência do sinal recebido pelo recetor vai diminuindo, o que é normal, devido aos aspetos já referidos anteriormente e também ao meio de transmissão não ser totalmente "limpo".

A tecnologia LoS entre as três identificadas é a que perder menos potência, devido a ter um canal direto entre o emissor e recetor, isto ajuda porque não há tanto ruído e obstáculos na comunicação. A NLoSv perde um pouco menos sinal do que LoS porque não tendo ligação direta na comunicação, são obstruídas pelos veículos, e como os veículos tem dimensões mais

reduzidas do que os edifícios, é normal que a obstrução não seja tao elevada como o NLoSb e dai ter valores perto do LoS. O NLoSb perde muita potência devido à obstrução ser feita pelos edifícios, que no meio de uma cidade tem muitos prédios e edifícios altos e muito próximos uns dos outros o que não deixa canais de transmissão mais diretos e limpos.

Na Figura 39 da secção anterior (4.1.3), e devido ao que já foi dito anteriormente o LoS tem melhor performance, este gráfico mostra-nos a percentagem de pacotes entregues, não só a % de pacotes entregues vai diminuir mas também a qualidade da informação, devido às obstruções encontradas ao longo das comunicações, o que pode originar dados incoerentes e informação errada, o que pode levar à tomada de ações por parte dos condutores/veículos erradas. Mais uma vez o NLoSb está em baixo da % de pacotes entregues em comparação ao NLoSv devido ao que já foi referido.

Na Figura 40 da secção anterior (4.1.3), o gráfico mostra-nos o alcance da comunicação fiável, isto é, à medida que aumenta a distância que percentagem de dados não perdem a “legitimidade” da informação transmitida do emissor até ao recetor, quando mais aumentarmos a taxa de transmissão (número bits ou blocos de informação transmitidos de cada vez) mais aumenta a probabilidade da informação ser perdida ao longo da comunicação.

Em suma, esta simulação mostra-nos que é preciso arranjar mecanismos e tecnologia para que a informação que é passada entre V2x não perca potência e não altere/perca informação importante até chegar ao recetor, isso pode originar más decisões de quem recebe esses dados. Uma maneira que se pode fazer para atenuar a fraca prestação no NLoSb e melhorar ainda mais o NLoSv é implementar equipamentos de repetição e melhoria do sinal ao longo das estradas, desde modo permitia que o sinal não perdesse potência nem perda de informação, quando não é possível implementar desta forma, como são os casos das cidades, pode ser por exemplo, colocar em pontos estratégicos no meio da cidade equipamentos para transmitir e melhorar o sinal, com isso conseguia-se que os edifícios não obstruíssem tanto a comunicação, permitindo assim que as comunicações fossem mais fiáveis e com maior potência mesmo aumentado a distância entre emissor e recetor.

## 5 Conclusão

Foram analisados e descritos vários protocolos sobre a comunicação dos veículos inteligentes e o meio que os rodeiam. É uma área que está cada vez a ganhar mais relevo, devido ao aumento da tecnologia e com isso o melhoramento da segurança das comunicações.

Comunicações entre veículos têm-se revelado um dos campos de interesse das telecomunicações que mais rapidamente cresceu. Veículos equipados com dispositivos de comunicação sem fios de curto alcance podem formar uma rede móvel “*ad-hoc*”. A existência destas redes e a disseminação de informação nelas terão provavelmente um papel importante na segurança e eficiência das redes de tráfego num futuro próximo. Esta dissertação ~~recaiu~~ centrou-se nas comunicações V2V e V2I.

Se os dispositivos instalados nos veículos e no ambiente que os rodeia são vistos como serviços, aplicações podem ser criadas para compor um conjunto de serviços que regule o fluxo de dados entre eles.

Este trabalho focou-se no estudo dos padrões do ITS e C-ITS e sobre os protocolos de redes veiculares, entre eles o VANET, WAVE, IEEE 802.11p. Foram descritos o que é o ITS, C-ITS, dispositivos V2V. Foram descritas três simulações sobre redes veiculares e tiradas as conclusões sobre as mesmas.

Como as redes veiculares ainda não estão 100% implementadas no mercado, a maioria das pessoas desconhece o que anda a ser testado e desenvolvido nesta área, e o que pode ser perspectivado para o futuro dos veículos. Este trabalho ajuda a dar conhecimento sobre os veículos inteligentes, como vão ser feitas as comunicações entre eles ou com infraestruturas, e como estas tecnologias podem ajudar no conformo e segurança das pessoas, bem como o meio ambiente, com emissões de gases para a atmosfera.

Este trabalho tenta mostrar as vantagens e desmistificar muitas pessoas que acham que a tecnologia só tem aspetos maus e não serve para ajudar as pessoas a terem mais qualidade de vida. Não contendo toda a informação sobre esta área, visto que é uma área muito abrangente e muitos testes e desenvolvimentos ainda não vieram a público, contém informações sobre os pontos mais importantes (protocolos, tecnologia) desta área.

## 5.1 Trabalho Futuro

No futuro é necessário realizar testes na vida real, com vários veículos e infraestruturas para se perceber se no ambiente real as comunicações e protocolos estão de acordo, se não há interferências que possam deixar os condutores sem receber informações importantes ou urgentes, levando ao risco de acidente.

Em termos de segurança dos dados é necessário garantir que a informação sensível não é acessada externamente, o que pode ser um risco elevado, devido à informação que estará a circular entre V2V e V2I, como por exemplo, informação pessoal dos condutores, localizações onde esteve e para onde vai.

Com o aumento da integração da internet nos veículos inteligentes é muito importante garantir a segurança e não permitir ataques externos que possam comprometer a integridade dos veículos inteligentes, como por exemplo, desativar os travões de um veículo que pode originar uma fatalidade.

Em suma, com o avanço da tecnologia, o futuro vai ser cada vez mais inteligente, com aplicações e tecnologia para servir as pessoas, não só em termos de segurança, como conforto e entretenimento, por isso é necessário aumentar e garantir níveis de segurança e rapidez de resposta nas comunicações.

## 6 Referências

- [1] DIRECTIVES, "DIRECTIVE 2010/40/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL," 2010.
- [2] John Harding, Gregory Powell, Rebecca Yoon, Joshua Fikentscher, Charlene, "Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application," U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 2014, August.
- [3] H. N. a. Z. Elyes Ben Hamida, "Security of Cooperative Intelligent Transport Systems:," Electronics, Qatar, 2015.
- [4] allianz, "Cooperative Intelligent Transport Systems," allianz.
- [5] Nissan, "Cooperative Intelligent Transport System (ITS)," 2009.
- [6] NXP, "Better Living with cooperative Intelligent Transport Systems: safe, clean and green," 2015.
- [7] Mogi, "Vehicle to Vehicle interactions (V2V)".
- [8] B. Cronin, "Vehicle Based Data and," U.S. Department of Transportation, USA, 2012.
- [9] NHTSA, "NHTSA," NHTSA, [Online]. Available: <http://www.nhtsa.gov/>. [Acedido em June 2016].
- [10] A. H. Abdi, "Mobile Ad Hoc Network (MANET)," 2011. [Online]. Available: <http://rashka17.blogspot.pt/2011/05/mobile-ad-hoc-network-manet.html>. [Acedido em 19 October 2016].
- [11] ACoRN, "Ad Hoc Networks," [Online]. Available: <http://www.acorn.net.au/telecoms/adhocnetworks/adhocnetworks.html>. [Acedido em 19 October 2016].
- [12] C.-K. Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems 1st Edition," 2002.
- [13] R. Muhlbauer, "VANET (Vehicular ad hoc network) Simulators," 2014.
- [14] M. A. K. T. A. Z. L. i. h. n. Z. n. Sabih ur Re hman, "Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs) - An Overview and Challenges," *Journal of Wireless Networking and Co mmunications*, 2013.

- [15] SAvius, "Savius," [Online]. Available: [http://www.wildpackets.com/resources/compendium/wireless\\_lan/wlan\\_packets](http://www.wildpackets.com/resources/compendium/wireless_lan/wlan_packets). [Acedido em 23 October 2016].
- [16] I. 8. W. L. S. C. 1. I. 8. P. Layers.. [Online]. Available: <http://slideplayer.com/slide/9107452/>. [Acedido em 23 October 2016].
- [17] "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", IEEE, 1999.
- [18] U. D. o. Transportation., "IEEE 1609 - Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)," U.S. Department of Transportation., 2013.
- [19] A. International, "E2213-03 Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems," 2007.
- [20] IEEE, "Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States," 2011.
- [21] M. S. M. X. L. J. G. Bo Li, "Wireless Access for Vehicular Environments".
- [22] S. A.-K. A. D. A. Jafari, "Performance Evaluation Of IEEE 802.11p For Vehicular Communication Networks".
- [23] Mobileye, "Mobileye".
- [24] hongkiat, "9 Smart Car Technologies We Want To See (A Geek's Wishlist)".
- [25] Qualnet, "Scalable Network Technologies".
- [26] "The Network Simulator - ns-2," [Online]. Available: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>. [Acedido em 21 February 2016].
- [27] N. Projects, "NS2 Projects," [Online]. Available: <http://ns2simulator.com/ns2-projects-screenshots/>. [Acedido em 16 October 2016].
- [28] N. S. Foundation, National Science Foundation, 2011. [Online]. Available: <https://www.nsnam.org/>. [Acedido em 14 June 2016].
- [29] N. 3. Code, "NS 3 Code," [Online]. Available: <http://ns3-code.com/ns3-projects-screenshot/>. [Acedido em 16 October 2016].
- [30] J. B. a. O. K. T. Mate Boban, "Geometry-Based Vehicle-to- Vehicle Channel Modeling for Large-Scale Simulation," 2014. [Online]. Available: <http://vehicle2x.net/>. [Acedido em 14 June 2016].
- [31] MKGSYS. [Online]. Available: <http://www.mkgsys.com/>. [Acedido em 14 June 2016].

- [32] S. I. M. J. H. S. H. Mohammed Humayun Kabir, "Detail Comparison of Network Simulators," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2014.
- [33] D. P. K. Rajan Patel, "Investigation of Network Simulation Tools and Comparison Study: NS3 vs NS2," *Journal of Network Communications and Emerging Technologies (JNCET)*.
- [34] M. Gurcan, "Channel Emulation Equipment for Testing V2V," MKGSYS, 2015.
- [35] S. J. Vinita Mishra, "Analysis and comparison of different network simulators," *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, 2014.
- [36] T. V. J. L. Jacqueline Jardim, "Simulação do uso de redes veiculares em situações de emergência numa auto-estrada Portuguesa," Inesc-ID/IST, Brisa Inovação, 2011.
- [37] Fraunhofer, "ITS European Congress: Traffic Warning and Information Platform," 2013.
- [38] A. K. K. Aboobaker, "Performance Analysis of Authentication Protocols in Vehicular Ad Hoc Networks (VANET)," Department of Mathematics Royal Holloway, University of London, England, 2010.
- [39] Air-Stream, "Air-Stream," [Online]. Available: <http://www.air-stream.org/technical-references/los-line-sight>. [Acedido em 22 October 2016].
- [40] F. Schmidt-Eisenlohr, "Interference in Vehicle-to-Vehicle," 2010.
- [41] E. M. Mello H., "Identificação de Região de Congestionamento através de Comunicação Inter-veicular," 2006.
- [42] B. H. P. L. J. L. A.-M. P. Hervé Boeglen, "A survey of V2V channel modeling for VANET," em *The 8th International Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services*, Italy, 2011.
- [43] H. N. a. Z. Elyes Ben Hamida, "Security of Cooperative Intelligent Transport Systems:," 2015.
- [44] U. D. o. Defense, "National Research Council (U.S.). Committee on the Future of the Global Positioning System;," 1995.
- [45] John Harding, Gregory Powell, Rebecca Yoon, Joshua Fikentscher, Charlene, *Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application*, Washington, DC: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2014.
- [46] Tobias Doerffel, "Simulation of wireless ad-hoc sensor," Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, 2009.

[47] "SCALABLE Networks," SCALABLE, [Online]. Available: <http://web.scalable-networks.com/content/qualnet>. [Acedido em 21 February 2016].

[48] T. V. J. L. Jacqueline Jardim, "Simulação do uso de redes veiculares em," 2011.

[49] A. I. J. T. F. d. L. D.-F. Mariana Ramos de Brito, "Simulação e Análise de Congestionamento em Redes Veiculares".