



**Duarte Borges  
Valente**

**Sistema de notificação e monitorização de  
acidentes para motociclos**





**Universidade de Aveiro**  
**2014**

Departamento de Engenharia Mecânica

**Duarte Borges**  
**Valente**

**Sistema de notificação e monitorização de**  
**acidentes para motociclos**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Automação Industrial, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor José Paulo Oliveira Santos, Professor Auxiliar do Departamento de Mecânica da Universidade de Aveiro.



## **O Júri**

Presidente

**Prof. Doutor José Luis Pinto de Azevedo**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Arguente

**Prof. Doutora Ana Maria César Bastos Silva**  
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Orientador

**Prof. Doutor José Paulo Oliveira Santos**  
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha mãe. Por todo o amor, pelo carinho, pela amizade e pela educação que me deu. A minha mãe é, e será sempre, a pessoa mais importante da minha vida.

À minha família, por todo o apoio e dedicação, pelos muitos ensinamentos e pelo forte incentivo para a conclusão deste percurso académico.

Ao meu orientador, Professor Doutor José Paulo Santos, pela partilha de conhecimentos, pela disponibilidade, pela experiência e pela forma como entusiasticamente contribuiu para a realização deste trabalho.

Queria também agradecer, do fundo do meu coração, aos meus colegas e amigos. A sua simpatia e a sua dedicação não têm preço e foram um amparo fundamental nesta fase trabalhosa da minha vida.

A todos, o meu muito obrigado!





## **Palavras-Chave**

Acidentes; Motociclos; Serviço GSM; Acelerómetro; Localização por GPS; Comunicação por RF; Notificação e Monitorização de acidentes; Microcontrolador; Visual Basic; Página WEB;

## **Resumo**

A percentagem de utilização de motociclos tem vindo a crescer relativamente à utilização de veículos automóveis. Provavelmente, este número continuará a aumentar anualmente devido a diversos fatores: a mobilidade, a flexibilidade de circulação e o menor gasto de combustível. No entanto, um dos principais problemas da condução de motociclos é o elevado risco de acidente, comparativamente com os veículos automóveis. A segurança do condutor e passageiros, quando sujeitos a um acidente, merece total atenção.

Convém, pois, encontrar soluções com capacidade de prevenir ou ajudar a minimizar o número de mortalidade que possam ocorrer diariamente. Uma maior atenção às medidas de segurança rodoviária veio diminuir o número de acidentes, no entanto, quando estes acontecem, a ajuda das unidades médicas demora algum tempo a chegar. Sabe-se que nestas situações, qualquer segundo pode fazer a diferença. Este é o problema que o autor deseja resolver.

Na presente dissertação, o autor pretende demonstrar como desenvolveu um sistema para motociclos com a capacidade de reconhecer um acidente, enviando um alerta (SMS) com a informação do local da ocorrência (GPS). Este sistema foi preparado para operar em locais isolados com pouco ou nenhum tráfego rodoviário. Implementou-se no referido sistema uma tecnologia sem fios e fiabilizou-se um método capaz de ser utilizado em diversos modelos de motociclos. Procedeu-se à realização de interfaces que permitem monitorizar e possibilitar o reconhecimento da informação sobre o condutor e sobre o acidente, em tempo real.



## **Keywords**

Accidents; Motorcycles; GSM Service; Accelerometer; GPS Location; RF Communications; Notification and Monitoring of Accidents; Microcontroller; Visual Basic; WEB Page;

## **Abstract**

The percentage of use of motorcycles has increased compared to that of automobiles. Most likely, this number will continue to increase annually due to several factors: mobility, flexibility of circulation and a lower fuel consumption. However, the main problem of motorcycle riding entails a higher risk of casualties compared to automobiles. The safety of the driver and passengers, when involved in an accident, merits our attention.

It is, therefore, necessary to find solutions capable of preventing or helping minimize the number of mortality which may occur daily. A greater attention to road safety measures assisted in reducing the number of accidents, however, when these occur, the rescue squads take some time to arrive. Everybody knows that in these situations, every single second can make a difference. This is the problem that this author wishes to solve.

This project is based on the development of a system for motorcycles with the ability of recognizing an accident. This system sends an alert (SMS) with information of the location of the occurrence (GPS). The system operates in isolated places with little or no traffic at all. It was equipped with a wireless technology to be used in most models of motorcycles. There were also introduced interfaces, which allow the monitoring and the recognition of information on the accident and the driver in real time.



# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	ENQUADRAMENTO	1
1.2	PROBLEMA	4
1.3	SOLUÇÃO PROPOSTA	5
1.4	OBJETIVOS	5
1.5	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	6
<b>2</b>	<b>ESTADO DE ARTE</b>	<b>7</b>
2.1	SISTEMAS COMERCIAIS	7
2.1.1	<i>ICEDot</i>	8
2.1.2	<i>Rider-ECall</i>	9
2.1.3	<i>BMW Motorrad ConnectedRide - eCall</i>	10
2.1.4	<i>Honda Goldwing: Airbag</i>	11
2.1.5	<i>Análise das soluções apresentadas</i>	12
2.2	SELEÇÃO DO MÉTODO DE DETEÇÃO DE ACIDENTE	14
2.3	INVESTIGAÇÃO NA ÁREA	14
<b>3</b>	<b>COMPARAÇÃO DE TECNOLOGIAS SEM FIOS</b>	<b>17</b>
3.1	BLUETOOTH	17
3.2	ZIGBEE	18
3.3	MÓDULO RADIOFREQUÊNCIA – NRF24L01+	19
3.4	GSM	19
3.5	GPRS	20
3.6	ANÁLISE E CONCLUSÃO FINAL	21
<b>4</b>	<b>PROPOSTA DA SOLUÇÃO</b>	<b>23</b>
4.1	PERSPETIVA GERAL	23
4.2	ARQUITETURA DA SOLUÇÃO PROPOSTA	24
4.3	ESTUDO DO MÉTODO DE DETEÇÃO DE ACIDENTE	24
4.4	DIAGRAMA DE BLOCOS E DESCRIÇÃO FUNCIONAL	26
4.5	PROTÓTIPO IMPLEMENTADO	28
4.6	DESCRIÇÃO DOS LEDS	31
<b>5</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA</b>	<b>33</b>

5.1	UNIDADE DE CONTROLO - MICROCONTROLADOR ( $\mu$ C) .....	33
5.2	MÓDULO GPS .....	35
5.3	MÓDULO GSM .....	36
5.4	SENSOR ULTRASSOM.....	40
5.5	MÓDULO RADIOFREQUÊNCIA .....	41
5.6	ACELERÓMETRO.....	42
5.7	INTERFACES DO SISTEMA .....	45
5.7.1	<i>Aplicação para Computador</i> .....	47
5.7.2	<i>Página Web</i> .....	49
<b>6</b>	<b>EXPERIÊNCIAS E RESULTADOS</b> .....	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHO FUTUROS</b> .....	<b>61</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>63</b>
	<b>ANEXOS 1 – ESQUEMA ELÉTRICO DO SISTEMA DO MOTOCICLO</b> .....	<b>69</b>
	<b>ANEXOS 2 - ESQUEMA ELÉTRICO DO SISTEMA DO CAPACETE</b> .....	<b>71</b>

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Sumário das características dos sistemas comerciais .....	13
Tabela 4.1 - Legenda da Figura 4.4 .....	29
Tabela 4.2 – Legenda da Figura 4.5.....	30
Tabela 4.3 – Legenda da Figura 4.6.....	30
Tabela 5.1 - Estrutura da mensagem do GPS .....	36
Tabela 5.2 - Descrição dos comandos AT .....	38
Tabela 5.3 - Legenda da Figura 5.12 .....	48
Tabela 6.1 - Resultado da primeira experiência, para o eixo Z quando $g = 1$ .....	57
Tabela 6.2 - Resultado da primeira experiência, para o eixo Y quando $g = 1$ .....	58
Tabela 6.3 - Resultado da primeira experiência, para o eixo Y quando $g = -1$ .....	59





## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Vítimas mortais segundo a categoria de veículos desde 1999 a 2013.....	2
Figura 1.2 - Motociclos, por natureza do acidente entre 1999 a 2013.....	3
Figura 1.3 - 10 Países da UE com mais fatalidades, desde 2001 a 2010, por habitantes .....	4
Figura 2.1 - Instalação do sensor ICEDot em diversos modelos de capacetes [8] .....	8
Figura 2.2 - Aplicação para Iphone [9] .....	8
Figura 2.3 - Sistema do motociclo - Rider-Ecall [13].....	9
Figura 2.4 - Sistema do capacete - Rider-Ecall [14] .....	9
Figura 2.5 - Funcionalidades implementadas num motociclo da BMW [16] .....	10
Figura 2.6 - Sistema Airbag desenvolvido pela Honda [17] .....	11
Figura 4.1 – Perspetiva geral do sistema .....	23
Figura 4.2 - Ângulo de curvatura dos motociclos [27].....	25
Figura 4.3 - Diagrama de blocos do sistema .....	26
Figura 4.4 – Ilustração dos sistemas desenvolvidos .....	28
Figura 4.5 - Ilustração do sistema do motociclo (165mm*55mm*40mm) .....	29
Figura 4.6 - Ilustração do sistema do capacete (167mm*53mm*45mm).....	30
Figura 5.1 - Órbitas dos 24 satélites.....	34
Figura 5.2 - Módulo NEO-6M GPS da Ublox.....	36
Figura 5.3 - Placa GSM utilizada no sistema do motociclo [34] .....	37
Figura 5.4 - Placa GSM utilizada no computador [35] .....	37
Figura 5.5 - Diagrama de interação relativo ao envio de SMS .....	39
Figura 5.6 - Diagrama de interação relativo à receção de SMS .....	40
Figura 5.7 - Sensor ultrasom utilizado .....	41
Figura 5.8 - Módulo NRF24L01+ utilizado .....	41
Figura 5.9 - Acelerómetro MPU-6050.....	44
Figura 5.10 - Diagrama de interações do serviço.....	45
Figura 5.11 - Relações das tabelas constituintes da base de dados.....	46
Figura 5.12 - Aplicação desenvolvida em VB.....	48
Figura 5.13 - Fluxograma do programa VB.....	49
Figura 5.14 - Opção registar condutor - Página Web.....	50

Figura 5.15 - Opção procurar condutor - Página Web .....	51
Figura 5.16 - Visualização da informação pessoal do condutor .....	51
Figura 5.17 - Opção ocorrências online - Página Web .....	52
Figura 5.18 - Visualização do acidente num mapa.....	53
Figura 5.19 - Estatísticas dos acidentes .....	54
Figura 6.1 - Valores do acelerómetro, com eixo do X e $Y=0^0$ , quando o eixo $Z = 1g$ .....	56
Figura 6.2 - Variação dos eixos X e Y em torno do eixo 0.....	56
Figura 6.3 - Valores do acelerómetro, com eixo do X e $Z=0^0$ , quando o eixo $Y = 1g$ .....	57
Figura 6.4 - Variação dos eixos X e Z em torno do eixo 0 .....	57
Figura 6.5 - Valores do acelerómetro, com eixo do X e $Y=0^0$ , quando o eixo $Y = -1g$ .....	58
Figura 6.6 - Variação dos eixos X e Z em torno do eixo 0 .....	59

## Índice de Equações

Equação 5.1 - Segunda lei de Newton .....	42
Equação 5.2 - Lei de Hooke.....	42
Equação 5.3 - Relação das duas equações.....	43
Equação 6.1 - Equação para determinar o valor angular .....	55



## Lista de Siglas e Acrónimos

<b>ANSR</b>	Autoridade Nacional Segurança Rodoviária
<b>CAN</b>	Controller Area Network
<b>CARE</b>	Base de dados de acidentes da UE
<b>ECALL</b>	Pan-European in-vehicle emergency call system
<b>ECU</b>	Electronic Control Unit
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
<b>EDR</b>	Enhanced Data Rate
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>GGSN</b>	Gateway GPRS Support Node
<b>GPGGA</b>	Global positioning system fix data
<b>GPGLL</b>	Geographic Position, Latitude/Longitude
<b>GPGSV</b>	Satellites in View
<b>GPRMC</b>	Recommended Minimum data
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>GPVTG</b>	Course over ground and Ground speed
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications
<b>HMI</b>	Human-machine interface
<b>HSUPA</b>	High-Speed Uplink Packet Access
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol
<b>I<sup>2</sup>C</b>	Inter-Integrated Circuit
<b>ISM</b>	Industrial, Scientific and Medical
<b>ISP</b>	Instituto de Seguros de Portugal
<b>LCD</b>	Liquid Crystal display
<b>LED</b>	Light Emitting Diode
<b>MEMS</b>	Micro Electro Mechanical Systems
<b>NAVSTAR</b>	Navigation Satellite with Time and Ranging
<b>NMEA</b>	National Marine Electronics Association
<b>PCB</b>	Printed Circuit Board
<b>PWM</b>	Pulse-Width Modulation
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>SGSN</b>	Serving GPRS Support Node
<b>SI</b>	Sistema Internacional
<b>SIG</b>	Special Interest Group

<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>SPI</b>	Serial Peripheral Interface
<b>UE</b>	União-Europeia
<b>USART</b>	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>VB</b>	Visual Basic
<b>WEB</b>	World Wide Web

# Capítulo 1

## 1 Introdução

O presente capítulo pretende explicar o contexto e a motivação que levaram à concretização deste trabalho. Inicialmente, este estudo destacar-se-á uma pequena introdução sobre os acidentes rodoviários que sucedem em Portugal. De seguida, focar-se-á nos acidentes rodoviários com motociclos que acontecem na UE (União-Europeia). As informações fornecidas pela ANSR (Autoridade Nacional Segurança Rodoviária) e pela CARE (Base de dados de acidentes da UE) possibilitaram a determinação do índice de gravidade dos acidentes com veículos desta categoria (a nível nacional e internacional) e confirmaram a necessidade de se encontrarem medidas para prevenir esses acidentes.

### 1.1 Enquadramento

A sinistralidade rodoviária é um dos principais problemas com que nos confrontamos diariamente nas nossas estradas. A crescente necessidade de utilização de meios de transporte rodoviários e o conseqüente aumento do número de automobilistas e motociclistas poderão contribuir para o aumento do número de acidentes rodoviários. Estes têm sido uma das principais causas de mortalidade em Portugal.

O presente estudo realizará uma abordagem nacional deste problema tendo em conta a informação disponível nos relatórios anuais da ANSR [1].

Segundo os dados estatísticos, desde 1999 até 2013<sup>1</sup>, o número anual de acidentes rodoviários com vítimas, em Portugal, diminuiu 36,7%, tendo o número descido de 47966 para 30339. Apesar desta diminuição e com vista a resolver o problema que ainda subsiste, têm sido implementadas, ao longo dos anos, medidas que pretendem aumentar a segurança rodoviária.

Numa análise global às diferentes categorias de veículos, relativamente a acidentes que originam vítimas mortais, verifica-se que eles acontecem em maior número com os veículos ligeiros, como se pode observar na Figura 1.1.

No caso dos motociclos, tema desta dissertação, realizou-se uma análise dos acidentes com vítimas mortais, com motociclos, desde do ano de 1999 até 2013. A utilização de veículos desta categoria tem vindo a crescer devido a vários fatores: a mobilidade, uma melhor adaptação em situações de congestionamento de trânsito rodoviário, um muito mais fácil estacionamento e menores gastos de combustível.

---

<sup>1</sup> A ANSR apresenta os dados da sinistralidade desde 1999 até 2014 (No entanto, a análise efetuada foi feita até ao ano transato).

Observa-se na Figura 1.1 a variação das vítimas segundo a categoria de veículos (Condutores e Passageiros). Nessa mesma figura, apresenta o decréscimo de vítimas desde do ano 1999 até 2013. O motociclo e o ciclomotor pertencem à categoria de veículos de duas rodas a motor, obtendo um maior decréscimo de vítimas mortais com 76,8%. Relativamente aos veículos ligeiros, estes obtiveram uma redução de 70,5%, os veículos pesados 30% e os peões 71,8%.

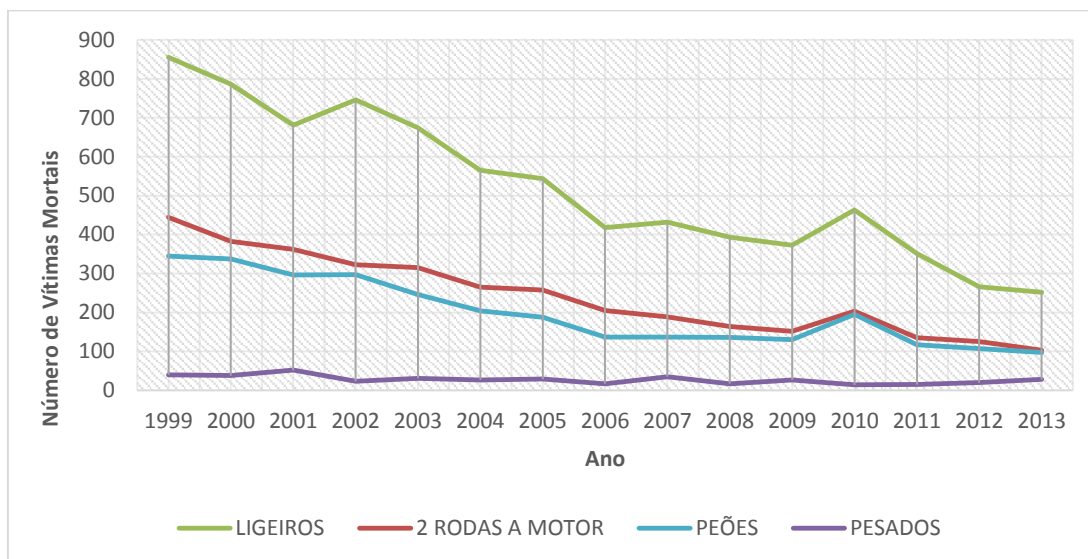


Figura 1.1 - Vítimas mortais segundo a categoria de veículos desde 1999 a 2013

Em relação ao motociclo existiu um decréscimo de 72,1% de vítimas mortais, 68,3% de feridos graves e 30,1% de feridos ligeiros, desde 1999 até 2013. No caso dos ciclomotores verifica-se uma diminuição maior em relação aos motociclos, apresentando estes uma redução de 81,5% de vítimas mortais, 83,1% de feridos graves e 69,1% de feridos leves. De acordo com ISP (Instituto de Seguros de Portugal) [2], conclui-se que o número de motociclos cresceu 47,7% e o número de ciclomotores desceu 16,1%, entre 2005 a 2013.

Como se pode observar na Figura 1.2 comprova-se a variação ao longo dos anos das diferentes classes de natureza dos acidentes. Estas podem ser classificadas como atropelamento, colisão e despiste. A natureza do acidente que apresenta uma melhoria a nível de redução do número de ocorrências ao longo dos anos é o atropelamento, com aproximadamente 70,9%. No entanto, verifica-se um aumento de 5,2% em despistes. O motivo para tal acontecer pode ser explicado pelo aumento da velocidade que origina a perda de controlo do motociclo que, por sua vez, resulta num despiste.



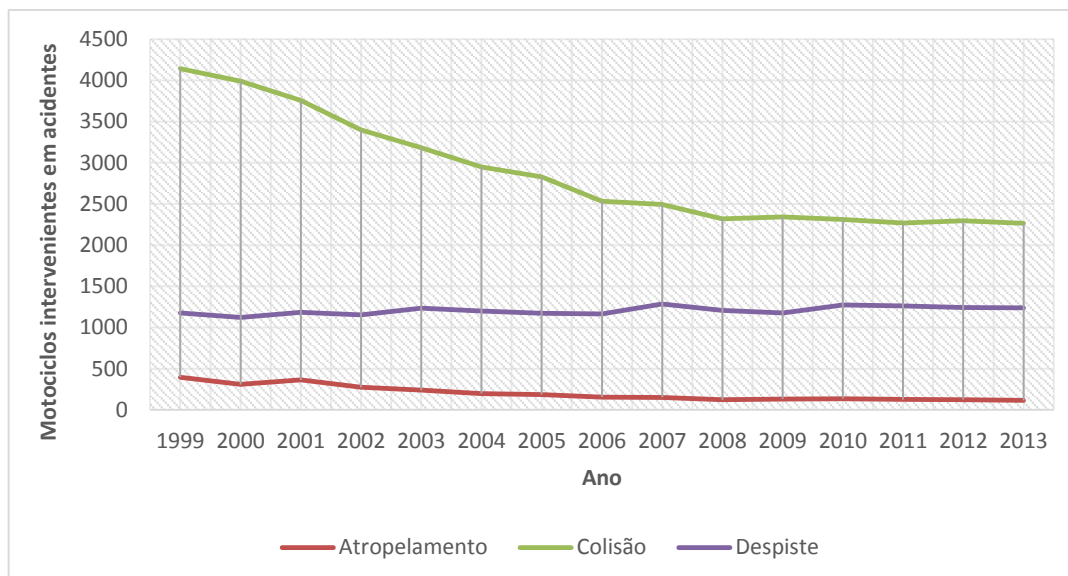


Figura 1.2 - Motociclos, por natureza do acidente entre 1999 a 2013

De forma a compreender melhor a situação que se apresenta na UE, realizou-se um estudo tendo como base os dados emitidos pela CARE [3]. Como é comunicado pela CARE, a informação fornecida não foi efetuada ao detalhe porque alguns países pertencentes à UE não distinguem a categoria motociclo e veículo de 2 rodas a motor e alguns países apresentavam um número reduzido de fatalidades. Comparando de forma aleatória 19 países da EU, entre 2001 a 2010, selecionaram-se 10 países que apresentam mais fatalidades<sup>2</sup>, para que desta forma seja possível transmitir ao leitor a situação grave que Portugal apresenta. Na Figura 1.3 pode-se observar a variação da taxa de fatalidades dos diferentes países ao longo dos anos.

Facilmente se percebe que o país com maior taxa de fatalidade é a Itália, seguidamente a França e na terceira posição a Alemanha. De acordo com a CARE, comprova-se que Portugal é o 8º país com mais fatalidades com motociclos e, desde 2001 a 2010, o número reduziu 60,3%. Comparando os 10 países apresentados, foi em Portugal que se verificou um maior decréscimo de fatalidades.

<sup>2</sup> Ordenados por ordem alfabética os 10 países com mais fatalidades: Alemanha, Bélgica, Espanha, França, Grécia, Itália, Polónia, Portugal, Reino Unido e República Checa.

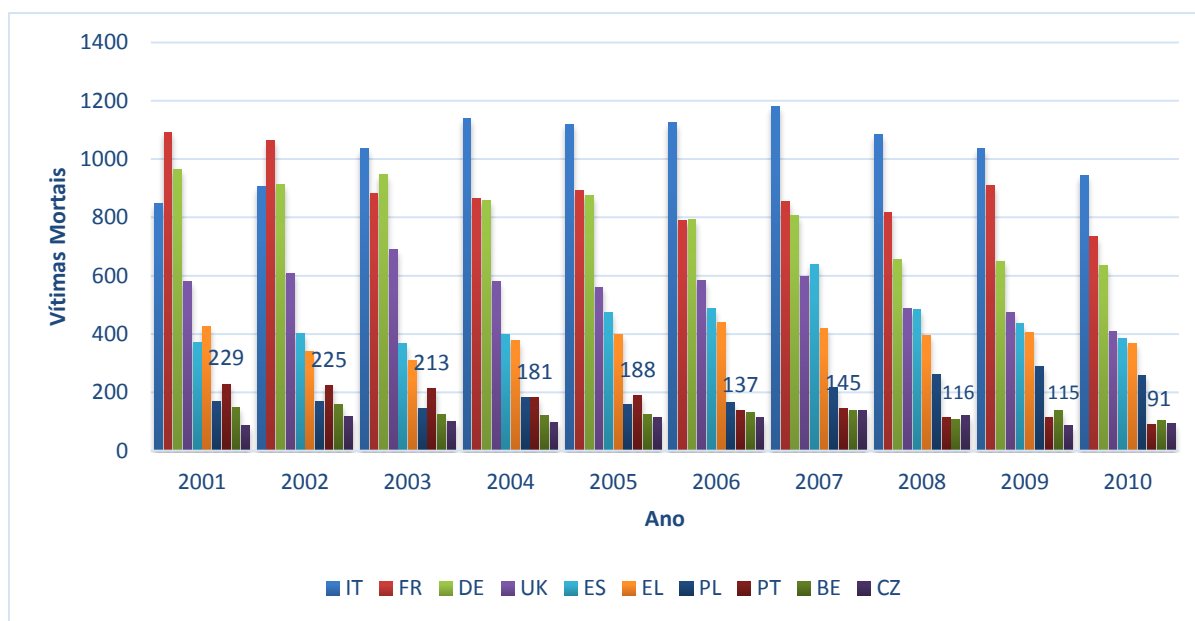


Figura 1.3 - 10 Países da UE com mais fatalidades, desde 2001 a 2010, por habitantes

Em suma, conclui-se que tem havido um resultado positivo obtido anualmente. No entanto, estes valores continuam a não ser satisfatórios. Com a finalidade de redução destes números, o investimento tecnológico em motociclos poderá ser um ponto de partida para aumentar a segurança e a satisfação dos utentes no meio rodoviário.

## 1.2 Problema

Como se referiu anteriormente, a utilização de motociclos tem aumentado constantemente. A segurança e proteção dos utentes no meio rodoviário deve ser uma prioridade. A falta de tecnologias adequadas a este tipo de situações é um dos grandes problemas existentes. Os preços de aquisição dos equipamentos existentes no mercado são quase proibitivos e requerem o pagamento de uma taxa anual. Tendo em conta a crise que se vive atualmente em Portugal, será difícil os condutores adquirirem estes sistemas.

Convém distinguir o significado de *prevenção* e de *segurança*. Quando se fala em prevenção, pretende-se designar a tentativa de evitar ou impedir algo. Quando se fala em segurança, fala-se de um conjunto de ações para proteger e para diminuir os riscos ou perigos. O sistema de segurança já referido neste projeto pretende possibilitar uma assistência médica mais rápida, em caso de acidente com um motociclo. Desta forma, a saúde do condutor e passageiros poderá ser preservada. A vida do condutor e dos passageiros poderá ser salva e cada segundo ganho poderá fazer a diferença.

### 1.3 Solução proposta

Na presente dissertação, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de uma tecnologia capaz de minimizar o problema discutido anteriormente. A proposta baseia-se na introdução de um sistema, aplicável em motociclo, com a capacidade de notificar através de um SMS (*Short Message Service*) um possível acidente, caso este aconteça num local isolado sem que alguém possa pedir auxílio. Pode também ser utilizado em locais com circulação rodoviária.

Juntou-se ao referido sistema a funcionalidade de monitorização e controlo da informação em tempo real através de duas interfaces. O objetivo é a elaboração de interfaces intuitivas e de fácil acesso para os profissionais de apoio a acidentes, de forma a permitir uma melhor manipulação e visualização da informação recebida. Como já foi dito previamente, o sistema pretendido não vai prevenir o acidente, mas tem como principal objetivo melhorar o tempo de resposta da assistência médica.

### 1.4 Objetivos

Os objetivos referentes ao desenvolvimento da presente dissertação são os seguintes:

- Estudo e realização de um método capaz de detetar acidentes com motociclos, o autor teve como prioridade situações onde os acidentes possam ocorrer em locais isolados.
- Proposta de um sistema capaz de ser aplicado em diferentes modelos de motociclos.
- Estudo sobre tecnologias sem fios para implementação no sistema.
- Envio automaticamente um alerta (SMS) do local da ocorrência, utilizando um módulo GPS (*Global Positioning System*), logo após um acidente.
- Criação de uma base de dados para armazenamento de registos e ocorrências dos condutores.
- Desenvolvimento de uma aplicação que receba e realize o tratamento de SMS.
- Monitorização e controlo, em tempo real, dos acidentes através de uma página Web (*World Wide Web*).

## 1.5 Organização da dissertação

Este documento encontra-se estruturado em mais 6 capítulos, incluindo o anterior no qual foi fundamentada uma introdução geral ao problema, foi feito o estudo do seu impacto na sociedade e foram explicados os objetivos do trabalho. Esta dissertação está organizada de seguinte forma:

**Capítulo 2 (Estado de arte)** – Neste capítulo são tratados alguns sistemas comerciais, apresentando as limitações que colocam ao condutor. Serão igualmente expostas as principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento dos sistemas comerciais e analisados os diversos métodos utilizados na deteção de acidente.

**Capítulo 3 (Comparação das tecnologias sem fios)** - Este terceiro capítulo evidenciará também um estudo sobre as diferentes comunicações sem fios e a implementação das mesmas neste projeto.

**Capítulo 4 (Proposta da solução)** – É apresentada uma solução para o problema descrito anteriormente. Será apresentada a nova solução idealizada pelo autor. Será feita uma análise teórica ao projeto realizado e será explicado o funcionamento geral do sistema.

**Capítulo 5 (Implementação do sistema)** – É apresentado um estudo do *hardware* e *software*, mostrando inicialmente os componentes constituintes do sistema, identificando posteriormente o seu funcionamento e dando, por fim, a explicação do *software* desenvolvido.

**Capítulo 6 (Experiências e Resultados)** – São apresentados as experiências e os resultados obtidos para realização do sistema.

**Capítulo 7 (Conclusão e trabalho futuros)** – Neste capítulo apresentam-se as conclusões da presente dissertação e a implementação de um trabalho futuro.

## Capítulo 2

### 2 Estado de Arte

Neste capítulo serão apresentadas algumas soluções que atualmente existem no mercado, serão descritos os seus modos de funcionamento, as desvantagens que oferecem aos condutores e, por fim, os métodos implementados que permitem a deteção de acidente.

#### 2.1 Sistemas comerciais

Devido à elevada utilização de veículos motorizados nas vias públicas e tendo em conta as desvantagens que os motociclos oferecem [4], as indústrias pretenderam introduzir novas tecnologias em veículos motorizados, com a finalidade de providenciar maior segurança e procurando garantir total proteção dos condutores e passageiros. De acordo com a informação fornecida pela Comissão Europeia, a utilização do motociclo é um problema importante que merece total consideração:

*“Os condutores deste tipo de veículos correm um risco 18 a 20 vezes superior de sofrer lesões graves na estrada do que os automobilistas. Convém, por conseguinte, abordar com especial atenção os problemas de segurança rodoviária associados a esta classe de veículos de alto risco.”*  
[5]

O Parlamento Europeu aprovou a aplicação de um sistema de alerta de acidentes, chamado “eCall” (*Pan-European in-vehicle emergency call system*), devido ao elevado número de acidentes que ocorreram na UE. Considera-se que este sistema poderá acelerar o tempo de resposta dos serviços de emergência, em 40% nas zonas urbanas e 50% nas zonas rurais. Pretende-se a implementação do sistema em todos os modelos de veículos comerciais e de passageiros a partir do mês de outubro do próximo ano, e que esteja operacional na UE. A introdução deste sistema em motociclos será também um objetivo desta indicação. Este dispositivo permite a realização de uma ligação telefónica automática aos serviços de emergência (112) em caso de um acidente grave. Existe a opção de alertar sobre um acidente de modo manual, carregando num botão que estará aplicado no veículo. O sistema para o motociclo é constituído por uma comunicação mãos-livres, um GPS, um módulo GSM (*Global System for Mobile Communications*) e está previsto que o sistema seja instalado no capacete do motociclista. No entanto, não existe qualquer informação relacionada com o método que permite acionar o alarme de emergência [6]. Entretanto, surgiram diversificados sistemas no mercado com a finalidade de contornar este problema. Seguidamente, descreve-se detalhadamente cada um desses sistemas.

### 2.1.1 ICEDot

O ICEDot é um sistema pensado e desenvolvido para socorrer desportistas que possam ficar inconscientes ou inanimados num local isolado. O objetivo deste sistema é alertar, via SMS, sobre o local onde o desportista teve o acidente. O sensor tem um tamanho muito reduzido e é fixado na retaguarda do capacete. Este sistema faz a união de duas tecnologias, a do sensor Figura 2.1 e de um smartphone Figura 2.2. O seu funcionamento baseia-se numa sincronização por Bluetooth com uma aplicação no smartphone.

A tecnologia implementada no sensor utiliza um método de deteção de acidente desenvolvido por algoritmos da SenseTech. O sensor simula as forças exercidas no cérebro num determinado momento. A utilização de um acelerómetro com 3 eixos e de um giroscópio permite a recolha de dados, realizando o processamento de informação e reconhecendo se este ultrapassou os limites de segurança ao cérebro.

Essa informação será transmitida por Bluetooth para a aplicação do smartphone que dará início a uma contagem de emergência (que pode ser definida manualmente na aplicação), caso esta não seja desligada/interrompida serão enviadas mensagens de texto (os contactos de emergência serão definidos na aplicação) com as coordenadas de GPS do local do acidente.[7]

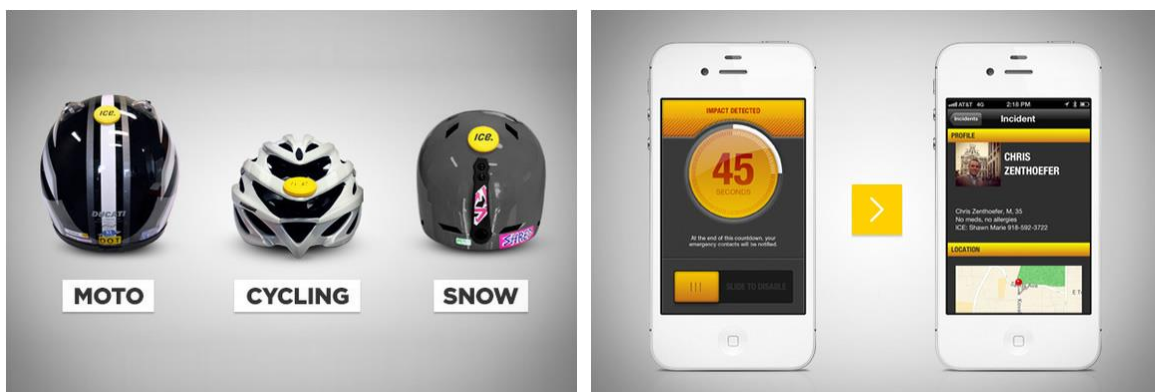


Figura 2.1 - Instalação do sensor ICEDot em diversos modelos de capacetes [8]

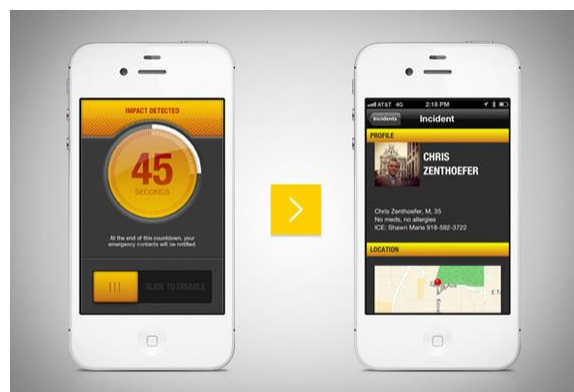


Figura 2.2 - Aplicação para Iphone [9]

### 2.1.2 Rider-ECall

A empresa Schuberth desenvolveu um sistema aplicável em motociclo, constituído pela instalação de diversos sensores que permite a deteção de acidentes. Tem a possibilidade de permitir pedir ajuda de um modo manual (pressionando pelo menos 10s no botão SOS) ou automático.

Este sistema é repartido em dois módulos, um montado no motociclo Figura 2.3 e outro no capacete do condutor Figura 2.4. Em situação de emergência o Rider-Ecall envia automaticamente uma mensagem de texto via GSM com as coordenadas de GPS para o serviço de controlo. Ao mesmo tempo é realizada automaticamente uma comunicação por telefone com o centro de serviço de controlo, essa comunicação serve alertar para a gravidade do acidente. A comunicação entre o motociclo e o capacete é realizada por uma comunicação Bluetooth e só é realizada a uma distância máxima de cinco metros, o motociclo tem integrado um microfone e um altifalante. Se a distância for superior a comunicação áudio/voz não é possível. A empresa informa que é necessária uma fonte de alimentação permanente para que exista um funcionamento correto do sistema, por isso adotaram a ligação de alimentação do sistema à entrada de isqueiro do motociclo. [10]

O sistema possui vários sensores que serão descritos seguidamente:

O primeiro sensor está incorporado no motociclo e ativa um alarme dependendo do ângulo de inclinação do motociclo em relação á estrada (superior a 59°). [11] O segundo sensor mede as acelerações negativas que fazem parte de um sinal claro de um acidente com um objeto. O terceiro sensor é ativado quando não existe comunicação entre o motociclo e o condutor, emitindo assim um alarme. O quarto sensor aplicado no sistema verifica se existe fornecimento da bateria ao sistema, caso não se confirme a devida situação é ativado um alerta através de uma bateria que se encontra disponível. Por fim, o quinto sensor está aplicado na retaguarda do capacete do condutor e funciona por impactos, numa situação em que um objeto atinga o capacete ou quando este é sujeito a choques. [12]



Figura 2.3 - Sistema do motociclo - Rider-Ecall [13]



Figura 2.4 - Sistema do capacete - Rider-Ecall [14]

### 2.1.3 BMW Motorrad ConnectedRide - eCall

A BMW pretendeu elevar os padrões de segurança dos motociclos realizando sistemas de assistência ao condutor. A BMW informa que está a ser trabalhada e desenvolvida uma solução eCall específica para motociclos, não existindo muita informação disponível sobre este produto, além de realizar uma chamada automática para o Call-Center da BMW com informação dos dados e local exato do acidente numa situação de ocorrência. A BMW pretende que o sistema de alerta seja originado automaticamente por situações de colisões ou deteção de queda automática. Contactada a sede da BMW em Portugal com a finalidade de obter mais informações sobre este produto, foi transmitido que não poderiam anunciar o funcionamento deste sistema em motociclos, nem a data de conclusão do desenvolvimento do projeto, apenas que a aplicação do mesmo em automóveis já se encontra em atividade.

Outra solução está a ser desenvolvida pela BMW. Consiste num sistema eletrónico instalado no painel de controlo do motociclo e permite o funcionamento de um sistema de aviso de colisão<sup>3</sup>, Figura 2.5. O sistema fornece ao condutor informação de limites de velocidade ao condutor, efetua o reconhecimento da distância do veículo que se encontra à frente do motociclo (como da redução da velocidade do mesmo), com a finalidade de confirmar se existe uma distância de travagem suficiente para evitar uma colisão. Este sistema também é capaz de detetar e reconhecer automaticamente os objetos na estrada, como por exemplo sinais de trânsito.

Numa situação de perigo é efetuado um conjunto de ações pelo próprio motociclo. É ativado um sinal luminoso que indica a presença de um veículo preparando o sistema de travagem eminente. Em risco de colisão serão ativados sinais luminosos, as luzes de condução são moduladas, aumentando a intensidade da luz, a ligação dos leds (*Light Emitting Diode*) integrados nos espelhos laterais e nos indicadores que estão aplicados à volta do motociclo. [15]



Figura 2.5 - Funcionalidades implementadas num motociclo da BMW [16]

<sup>3</sup> O sistema trabalha como um sistema de informação e assistência baseada numa câmara que permite o reconhecimento de obstáculos e veículos.



### 2.1.4 Honda Goldwing: Airbag

Em 2007, a marca Honda Motor Co introduziu no mercado Europeu o primeiro motociclo com um sistema de segurança *airbag*: Honda Goldwing: *Airbag*. Não sendo um sistema de emergência de acidentes o autor achou interessante fazer um estudo dos procedimentos que são utilizados para o sistema *airbag* deste motociclo atuar. O preço de aquisição deste sistema depende do modelo do motociclo da marca Honda.

Pretendeu-se com este sistema de segurança proteger o condutor e reduzir danos em colisões frontais. Ao longo dos anos a marca Honda tem vindo a analisar diversos dados originados por colisões com motociclos, permitindo através de tecnologias e mecanismos adquirir melhores conclusões para a adaptação desta funcionalidade. O sistema de *airbag* é constituído por diversos componentes: pelo saco e pelo disparador que permite disparar o airbag, por sensores de impacto instalados no motociclo e por uma unidade de controlo, pela ECU (*Electronic Control Unit*) que faz a leitura dos dados, analisando-os, atuando, ou não, o airbag em caso de colisão, Figura 2.6.

De forma a detetar um acidente, a Honda instalou quatro sensores na suspensão dianteira do motociclo, dois em cada uma das jarras da forquilha. A Honda justifica que aplicação dos sensores naquela posição do motociclo permite otimizar a resposta e fiabilidade do sistema na deteção de impactos frontais. Em situação de colisão os quatro sensores verificam a existência de uma alteração brusca de velocidade do motociclo informando seguidamente a unidade de controlo. A unidade de controlo realiza o processamento dos dados individualmente de cada sensor e, caso comprove que ocorreu um acidente, este emite uma autorização para atuar o disparo do *airbag*. Os componentes constituintes do sistema global estão aplicados na parte dianteira do motociclo como se pode comprovar com a figura seguinte.

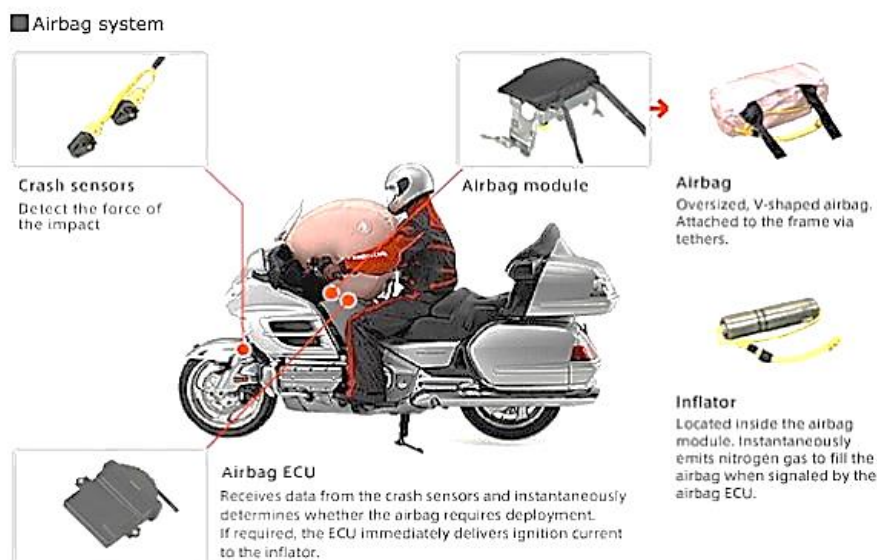


Figura 2.6 - Sistema Airbag desenvolvido pela Honda [17]

### 2.1.5 Análise das soluções apresentadas

No entanto, todos os sistemas apresentados anteriormente mostram algumas desvantagens para os condutores de motociclos. O ICEDot, apesar de ser um sistema de baixo custo comparado com os outros, tem a desvantagem de necessitar de um smartphone (Iphone 4S ou superior, smartphones da Samsung com o sistema operativo Android OS 4.4.2 ou superior, ou outros smartphones habilitados com Bluetooth de baixa energia que tenha a versão Android OS 4.3 ou superior). Para quem não possui nenhum smartphone com estas características o sistema tem um custo bastante elevado. No entanto, quem possuir um smartphone, com estas características, necessita, ao longo do percurso, de ter a aplicação sempre a funcionar, bem como a ligação Bluetooth e o GPS, o que provoca um consumo elevado de bateria e uma limitação de autonomia.

Em relação ao sistema implementado pela Honda e pela BMW, neste momento só oferecem a garantia de aplicação em número reduzido de modelos de veículos motorizados. No entanto, observaram-se os diferentes métodos implementados pelas marcas mais conceituadas de motociclos.

O Rider-eCall possui como limitação, a necessidade de uma entrada de alimentação para o seu funcionamento e de a comunicação por voz, funcionando até uma distância de 5 metros. Na Tabela 2.1 verifica-se um sumário das características dos sistemas citados anteriormente.

Tabela 2.1 - Sumário das características dos sistemas comerciais

SISTEMAS	MÓDULOS	ATUAÇÕES	SENSORES IMPLEMENTADOS	COMUNICAÇÃO	CUSTO DE AQUISIÇÃO	REQUISITOS
<b>ICEDOT</b>	Um módulo aplicado no capacete	Pode configurar na aplicação do smartphone o tempo para envio de alerta (SMS) automático	Utiliza um acelerómetro com 3 eixos e um giroscópio	Bluetooth	154.80€	Requer Smartphone com determinadas características
<b>RIDER-ECALL</b>	Um módulo aplicado no capacete e outro nóduo no motociclo	Envio de alerta (SMS) através do modo manual ou automático	Ângulo de inclinação do motociclo; Sensor para medir acelerações negativas; Falha de comunicação entre os dois módulos; Identificação falha de bateria; Impacto no capacete	Bluetooth	499€	Entrada de alimentação para funcionamento (Entrada isqueiro)
<b>BMW MOTORRAD CONNECTEDRIDE - ECALL</b>	Módulos instalados no motociclo	Chamada automática; Sistema aviso de colisão	Sensores de colisões ou deteção de queda automática	Não foi possível obter esta informação	Não foi possível obter esta informação	Alguns motociclos da BMW
<b>HONDA GOLDWING: AIRBAG</b>	Módulos instalados no motociclo	Airbag	Sensores para detetar a força de impacto	Cablagem	O preço varia dependendo do modelo do motociclo	Alguns motociclos da HONDA

## 2.2 Seleção do método de deteção de acidente

Realizando um estudo dos diferentes métodos apresentados pode concluir-se que o ICEDot, utilizando um acelerómetro e um giroscópio, determina as forças aplicadas no cérebro do condutor, sendo este um facto interessante mas não suficiente. O sistema apresentado pela Honda tem como principal objetivo prevenir acidentes em situações de colisões, aumentando a estabilidade e diminuindo a velocidade do veículo. No entanto, foi só implementado em situações frontais com veículos. A tecnologia realizada desenvolvida pela BMW é mais complexa, com elevado custo, e necessita de um sistema com alto processamento de imagens de forma a distinguir as diferentes categorias de veículo dos outros objetos em redor. O sistema Rider-ECall utiliza sensores de impacto e também “inclinómetros<sup>4</sup>” para detetar o ângulo de inclinação do veículo. Do estudo realizado, o último método revela-se o mais fiável se tivermos em linha de conta a relação custo/desempenho. Este método foi o adotado pelo autor para a deteção de acidentes.

## 2.3 Investigação na área

**“WIRELESS BLACK BOX REPORT FOR RACKING OF ACCIDENTAL MONITORING IN VEHICLES” (2013), Prakasam Engineering College [18]**

Os autores Badu, Sireesh e Basha, Shaik Khadar apresentam uma solução para reduzir o número de acidentes que são originados pelos comportamentos negligentes dos condutores. Mencionam que um dos problemas, após um condutor ter sofrido um acidente, é a tardia assistência médica, sendo que o preço de aquisição de equipamentos que permitem contornar este problema é elevado.

Pelas razões mencionadas surgiu interesse em realizar um sistema de alarmes de acidentes baseado num módulo sem fios. Numa situação de acidente são enviadas por mensagem de texto as coordenadas geográficas do veículo sendo informado um familiar, um hospital ou um serviço médico de emergência. O sistema é constituído por um microcontrolador, um acelerómetro, um módulo GSM e GPS, um sensor de temperatura, sensor de CO<sub>2</sub>, um sensor ultrassom, um *display* e uma *drive* para controlo de um motor.

Quando os valores recebidos pelos sensores forem superiores ao limite de limiar, o motor do motociclo é parado automaticamente. No LCD (*Liquid Crystal display*) é possível observar a variação dos valores recebidos pelos sensores e as coordenadas geográficas vindas do módulo

---

<sup>4</sup> Pode-se avaliar um acelerómetro como “inclinómetro” quando se pretende calcular o valor angular das rotações.

GPS. Os autores referem um conceito de queda linear e não linear, embora não fornecendo informação suficiente a partir da qual possa ser inferido o tipo de acidente, além da necessidade de utilização do acelerómetro MEMS<sup>5</sup> (*Micro Electro Mechanical Systems*) para o devido efeito.

**“MOTOSAFE: ACTIVE SAFE SYSTEM FOR DIGITAL FORENSICS OF MOTORCYCLE RIDER WITH ANDROID” (2012), International Journal of Information and Electronics Engineering [19]**

Os autores Condro, Nowy, Li, Meng-Han e Chang, Ray-I apontam para o facto do crescimento das taxas de acidentes com motociclos nos EUA (Estados Unidos da América), ao longo dos anos, ter sido três vezes maior do que as taxas de acidentes com automóveis. O estudo refere o aumento de 52% em registos de motociclos nos EUA desde 2000 até 2005. A razão para que tal aconteça prende-se com as vantagens de utilização dos motociclos, como a mobilidade e o baixo custo de manutenção.

A implementação do sistema proposto é baseada numa aplicação para dispositivos móveis que suportem o sistema operativo Android. Este *software* possibilita detetar manobras perigosas através dos sensores internos do smartphone, como o acelerómetro, magnetómetro e GPS.

São consideradas situações de alto risco para os condutores um aumento brusco na velocidade, uma mudança repentina, o levantamento da roda da frente mantendo a de trás no chão (vulgarmente conhecido como cavalinho), o levantamento da roda de trás mantendo a da frente no chão (vulgarmente conhecido como égua), e uma paragem brusca. Quando for detetado um acidente fatal prossegue-se ao envio de alerta de emergência. Numa situação de uma manobra perigosa durante a condução, o condutor será alertado do mesmo automaticamente. Tendo em conta o trabalho futuro pretende-se empregar este sistema em automóveis, velocípedes e peões.

**“AN INTELLIGENT FRONTAL COLLISION WARNING SYSTEM FOR MOTORCYCLES” (2010), Delt University of Technology [20]**

Os autores Biral, F, Lot, R, Sartori, R, Borin, A e Roessler, B efetuaram um estudo onde enunciam que os acidentes fatais com motociclos são 20% superiores aos acidentes com automóveis. Os autores deste artigo informam que em situações de colisões com veículo de duas rodas, um terço não consegue tomar uma decisão correta, devido ao tempo necessário para conseguir detetar um obstáculo perigoso.

Para resolução desta questão apresentam uma solução baseada num sistema frontal de acidentes desenvolvido no projeto SAFERIDER. Esta solução indica ao condutor, com

---

<sup>5</sup> Ver definição de acelerómetro MEMS na secção 5.6.

antecedência, os obstáculos perigosos que podem surgir durante a condução, facilitando desta maneira o tempo de resposta do condutor para resolver a devida situação. O sistema é constituído por uma parte *hardware* e por uma parte de *software*.

O ponto de partida do estudo do sistema teve por base a função da localização do motociclo na geometria da estrada, e um obstáculo é considerado perigoso se a manobra de desvio ao obstáculo não estiver dentro de uma previsão computacional. A informação dos avisos é processada pelo HMI (*Human-machine interface*) enviando seguidamente os alertas para o *display* visual.

# Capítulo 3

## 3 Comparação de tecnologias sem fios

Este capítulo apresenta uma breve introdução sobre as principais tecnologias de comunicação sem fios e as suas principais aplicações. Serão descritas e comparadas as tecnologias, com o Bluetooth, ZigBee, módulo Radiofrequência nrf24L01, GPRS (*General Packet Radio Service*) e GSM.

Por fim, é feita uma seleção e uma conclusão das tecnologias que se adequam mais a este sistema. Verificou-se então, qual seria a tecnologia mais apropriada para a comunicação entre o sistema entre o motociclo e o capacete e, entre o motociclo e o Call-Center.

### 3.1 Bluetooth

O Bluetooth é uma tecnologia sem fios sendo normalizada como IEEE 802.15.1 que permite a interligação de dispositivos de diferentes fabricantes para troca de informação. O grupo SIG (*Special Interest Group*) é um conjunto de empresas que permitiram o desenvolvimento e conceção desta tecnologia. Esta tecnologia surgiu na década de 90 com a finalidade de arranjar um método capaz de substituir as redes cabladas. Esta tecnologia beneficia das seguintes vantagens:

- Baixo Custo – Esta tecnologia possui um baixo custo de aquisição.
- Diversidade de Aplicações – Este tipo de tecnologia possui uma banda de dados adaptada e que vai mais em função das necessidades dos equipamentos.
- Taxa de transferência de dados – Inicialmente primeira versão 1.0 a 1.2 permitia uma taxa de dados de 1Mbit/s com uma velocidade padrão de 721kb/s, no entanto estas versões possuíam muitos problemas. Em Novembro de 2004 surgiu o Bluetooth versão 2.0 + EDR (*Enhanced Data Rate*) com uma melhoria no consumo energético e possuindo uma maior taxa de dados até 3Mbit/s. A versão 2.1 + EDR apenas veio a melhorar a segurança e o consumo de energia. Em Abril de 2009 surgiram dispositivos com melhor desempenho, em que a velocidade atingia os 24Mb/s e com menor gasto de energia na conexão dos equipamentos. A versão 4.0 apareceu no ano de 2009 mas foi adotada em junho de 2010 com a vantagem de economizar e otimizar a energia nos dispositivos. Por fim, foi adotada a versão 4.1 em Dezembro de 2013, esta atualização veio adicionar novos recursos para melhorar a utilização do consumidor, permitindo especialmente que os dispositivos suportam múltiplas funções em simultâneo.[21]
- Topologia de rede - A comunicação desta tecnologia é baseada entre o *Master* e o *Slave*. A ligação de um grupo de equipamentos formam uma rede, esta pode ser considerada *Piconet* ou *Scatternet*. A rede *Piconet* é composta por um *Master* e no máximo por sete

*Slaves*, inexistindo uma comunicação direta entre os diferentes *Slaves*. Numa rede pode existir várias redes *Piconet* no entanto, não existe uma comunicação entre si, cada rede possuiu um canal e frequência diferente. A uma rede constituída por um conjunto de *Piconet* dá-se o nome de *Scatternet*. Um *Master* pode pertencer a mais que uma *piconet*, no entanto só pode dirigir uma *piconet*. O *Master* coordena toda a comunicação numa *piconet*, podendo enviar informação para cada *Slave*. Os *Slaves* apenas transmitem e recebem informação do seu mestre.[22]

### 3.2 Zigbee

A arquitetura Zigbee é baseada na norma IEEE 802.15 *standard*. A implementação desta tecnologia no mercado foi implementada para aprovisionar uma comunicação fiável e com um baixo consumo de energia. A criação desta tecnologia veio oferecer um conjunto de vantagens que serão realçadas de seguida:

- Consumo – Esta tecnologia diferencia-se por possuir um menor consumo comparado com as tecnologias Bluetooth e o Wi-Fi, permitindo assim uma maior durabilidade da bateria.
- Alcance – O alcance típico é de cerca de 100 metros.
- Topologia de rede – Diferentes topologias de operação de rede como estrela, malha e ponto a ponto, possibilitando o acesso a vários caminhos e excluindo falhas de comunicação. Possibilidade de suportar aproximadamente 65.535 nodos.
- Aplicações – Esta tecnologia é aplicada em sistemas de automação industrial como segurança e alarmes, controlo de iluminação, temperatura, portas e janelas entre outras aplicações.
- Frequência de operação e taxa de transferência de dados – Na Europa funciona a uma frequência de 868 MHz a uma taxa de 20Kbps, nos USA opera a 915MHz a uma taxa de 40Kbps e 2.4GHz e 250Kbps no resto do mundo.
- Dispositivos – Existem três tipos de ZigBee: o “ZigBee coordenador” (ZC), “Zigbee Router” (ZR) e o “Zigbee dispositivo final” (ZED). Resumidamente, o primeiro tipo controla a formação e a segurança da rede, o segundo realiza a expansão da rede e o tipo ZED realiza funções específicas de deteção e controlo da rede. [23]



### 3.3 Módulo Radiofrequência – NRF24L01+

O módulo radiofrequência nrf24L01+ produzido pela empresa Nordic Semicondutores foi desenvolvido para aplicações com comunicações sem fios, oferecendo um baixo consumo de energia e um baixo custo. Esta tecnologia é utilizada em controlos remotos para media Center, aparelhos eletrónicos para automação comercial e em habitação, brinquedos entre outros. De seguida serão realçadas as vantagens desta tecnologia.

- Alcance – Possibilita um alcance até 10 metros em ambientes isolados ou 100 metros em ambientes abertos (com antena interna).
- Consumo – Esta tecnologia destaca-se por possuir um baixo consumo, aproximadamente 11,3mA em transmissão de dados, 12,3mA em receção de dados e 900nA em repouso. Desta forma supera as tecnologias atrás referenciadas.
- Topologia de rede – Este módulo é capaz de ouvir seis transmissores em simultâneo em topologia estrela. Cada transmissor possui um único endereço mas pode partilhar o mesmo canal de frequência.
- Frequência de operação e taxa de transferência de dados – A taxa de transmissão deste módulo pode ser de 250k, 1Mbps ou 2Mbps. Quanto à frequência de operação trabalha numa gama próxima de 2.4GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*).
- Transmissão – Este módulo permite apenas comunicação por dados. É transceptor, ou seja, possui a capacidade tanto de receber como de enviar informação.[24]

### 3.4 GSM

A tecnologia GSM (*Global System for Mobile Communications*) fez a passagem da tecnologia analógica para a tecnologia digital e é considerado um sistema de segunda geração de redes móveis (2G). A principal característica desta tecnologia foi a implementação de novos serviços com baixo custo, permitindo assim a troca de mensagens de texto entre vários dispositivos. Esta tecnologia veio oferecer serviços de voz e dados comutados. A rede GSM cobre mais de 90% do mercado. Este serviço oferece:

- Taxa de transmissão de dados – Transferência de dados a uma taxa de transmissão até 9.6kbit/s.
- Frequências de banda – Pode operar em diferentes frequências de banda dependendo do local. Na Europa opera nas faixas 900MHz e 1.8GHz, e 1.9GHz e 850MHz nos Estados Unidos da América. Os países como Canadá, Austrália e América Latina funcionam nas faixas de 850MHz.

- Serviços – A rede GSM está preparado para serviços de voz, de mensagens, de dados e suplementares (por exemplo: reencaminhamento de chamadas, aviso de chamada em espera).

### 3.5 GPRS

O GPRS (*General Packet Radio Service*) é baseado na comunicação por GSM (Global System for Mobile communications) e permite a transmissão e receção de informação por dados móveis. Esta tecnologia é conhecida por 2.5G, devido à evolução dos métodos de comunicação ao longo dos anos. Este serviço apresenta algumas vantagens em relação ao GSM:

- Taxa de transmissão de dados – O GPRS permite obter uma maior taxa de transmissão de dados em torno dos 40kbit/s e os 118kbit/s (máximo 171.2 kbit/s em condições ideais), enquanto o GSM se situa nos 9,6kbit/s.
- Conectividade – A transmissão está sempre disponível, mais fácil, com acesso imediato e permanente.
- Custo de transmissão – A tarifa por GPRS é relacionada com o tamanho de dados transmitidos, enquanto o GSM depende do tempo de conectividade.
- Arquitetura da rede - O GPRS apresenta um arquitetura semelhante ao GSM mantendo alguns equipamentos e controladores e inserindo novos elementos de rede e interface. Introduziram-se dois novos elementos chamados por GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) e SGSN (*Serving GPRS Support Node*), existindo assim duas redes em paralelo.
- Classe da rede - A rede GPRS pode ser classificada em três tipos dependendo da funcionalidade pretendida. Classe A – Receção e envio de voz e dados em simultâneo entre dois periféricos. Classe B – Receção e envio de voz e dados, não em simultâneo. Classe C – Permite apenas a utilização de dados.[25]

### 3.6 Análise e conclusão final

Todos os sistemas analisados anteriormente apresentam vantagens dependendo da situação em que são aplicados. Na presente dissertação introduziram-se dois tipos de tecnologias sem fios, um para comunicação entre o motociclo e o capacete, e outro para a comunicação entre o motociclo e o Call-Center.

Para a primeira situação é apresentada uma comparação das tecnologias Bluetooth, Zigbee, e o módulo Radiofrequência nrf24L01+. A comunicação por Zigbee que é normalmente aplicada em sistema de automação com ligações a vários dispositivos na rede, tem como vantagem diferentes taxas de dados e um baixo consumo de energia. Como desvantagem, o preço é elevado comparativamente com as outras tecnologias de rede sem fios. A diferença existente entre o módulo radiofrequência nrf24L01+ e o Bluetooth é que o módulo radiofrequência assegura um baixo consumo de energia e menor custo de aquisição relativamente às outras tecnologias dispostas, sendo este um fator relevante para a implementação no sistema.

Relativamente à segunda situação será comparada a tecnologia GPRS e GSM. Dadas as características, a tecnologia GPRS, por questões de benefício e custo, é superior ao GSM. Para a situação pretendida, não é necessário estar frequentemente em funcionamento, só em situações de alerta, por isso, a tecnologia que se adapta melhor é a GSM. Assim sendo, selecionou-se a comunicação através do módulo radiofrequência entre o motociclo e o capacete e para envio de uma notificação para o Call-Center a tecnologia GSM que está aplicada no motociclo.



## Capítulo 4

### 4 Proposta da solução

Neste capítulo pretende-se mostrar, com mais pormenor, a arquitetura e o funcionamento do sistema desenvolvido. Serão apresentados respetivamente os objetivos a que foi proposto nesta dissertação e uma perspetiva geral do sistema já referido.

#### 4.1 Perspetiva geral

Tal como se afirmou anteriormente, foi desenvolvido um sistema com a capacidade de alertar para a existência de um acidente. Depois de enviado um SMS do motociclo para um Call-Center, este vai visualizar os dados do condutor numa base de dados e alertar os serviços de emergência para a prestação de um auxílio mais rápido ao condutor. Poderá também fornecer algumas informações sobre o estado do condutor sobre uma possível entrada do mesmo no hospital. A Figura 4.1 ilustra a arquitetura do sistema do sistema desenvolvido pelo autor.

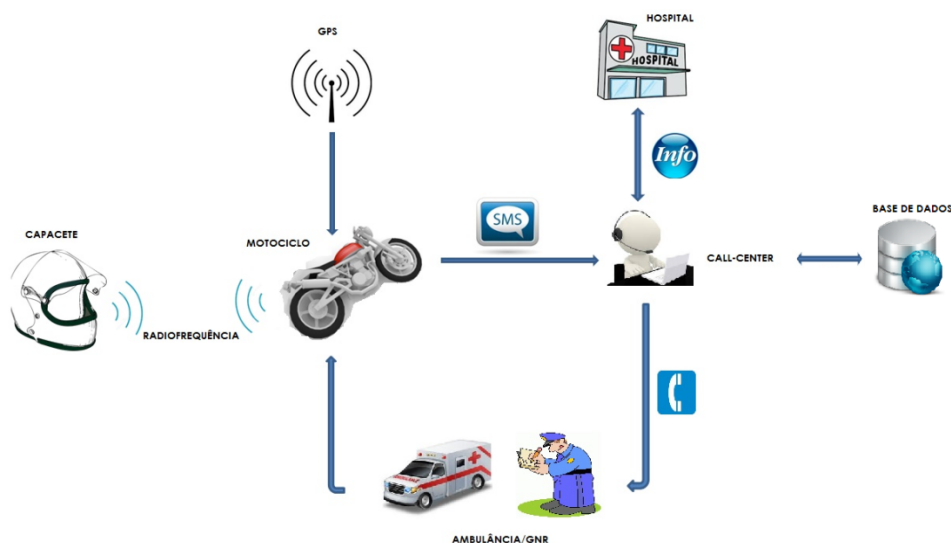


Figura 4.1 – Perspetiva geral do sistema

A solução realizada pelo autor está dividida em três blocos, cada um com uma função:

- Sistema do Capacete – Através comunicação sem fios com o motociclo garante-se a presença da pessoa em caso de situação acidental.
- Sistema do Motociclo – Este é o bloco principal do sistema. Este sistema possui a capacidade de identificar um acidente e, seguidamente, notificar por mensagem de texto (SMS) as coordenadas de GPS e, em caso de emergência, essa informação será enviado para o Call-Center.

- Implementação do Serviço (Call-Center) - Desenvolvimento de um serviço WEB capaz de processar e monitorizar os dados recebidos pelo motociclo para uma posterior ajuda aos centros de emergência médica.

## 4.2 Arquitetura da solução proposta

Perante a análise efetuada e apresentadas na secção 2.1.5, apresenta-se uma nova proposta. As soluções com vista a uma melhoria que foram implementadas no sistema envolvem:

- Estrutura do sistema – Para o sistema pretendido executaram-se dois subsistemas, um aplicado no motociclo e outro no capacete do condutor, oferecendo mais garantias na metodologia implementada.
- Método de deteção de acidente – Pretendeu-se fiabilizar o conceito de deteção do acidente pelo ângulo de inclinação do motociclo, procedendo-se a um método funcional nos vários modelos de motociclos.
- Comunicação sem fios – Apresentou-se uma solução para comunicação sem fios entre o subsistema do motociclo e o condutor. O sistema tem baixo consumo de energia e menor custo em relação às outras comunicações. No entanto, não permite a comunicação de áudio e voz.
- Baixo custo de aquisição – Teve-se em conta o custo de implementação de todos os componentes constituintes da arquitetura do sistema.

## 4.3 Estudo do método de deteção de acidente

O método utilizado pelo autor para detetar um acidente passa pela verificação do ângulo máximo de inclinação que o motociclo realiza numa curva. Para que o sistema seja universal será necessário selecionar o ângulo de inclinação para o motociclo desejado. Essa escolha passaria por colocar um *switch* para selecionar o tipo de motociclo que pretende conduzir. Imaginemos que o condutor possui uma *scooter*. Se o ângulo entre motociclo e a estrada for, sensivelmente 40° ou superior será assumido um acidente. De acordo com a informação traçada pela MotoGP [26] cada tipo de motociclo possui um ângulo máximo de inclinação numa curva, como está representado na Figura 4.2.

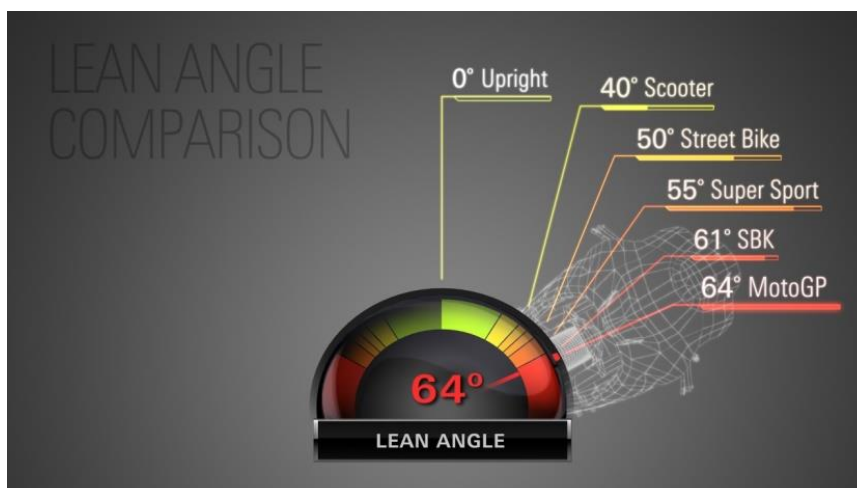


Figura 4.2 - Ângulo de curvatura dos motociclos [27]

O autor não realizou este processo de seleção por switch, no entanto configuraram-se por *software* os cálculos necessários para determinar o ângulo de inclinação. No presente trabalho realizou-se um ângulo de inclinação de 20° e -20°. Para que esta aplicação fosse possível, utilizou-se um acelerómetro que será descrito na secção 5.6.

#### 4.4 Diagrama de blocos e Descrição funcional

A figura seguinte representa os esquemas de ligação dos diferentes componentes que fazem parte dos diferentes blocos atrás mencionados. Pode-se reparar nos diferentes protocolos de comunicação utilizados entres as unidades de controlo (Microcontrolador) e os componentes constituintes.

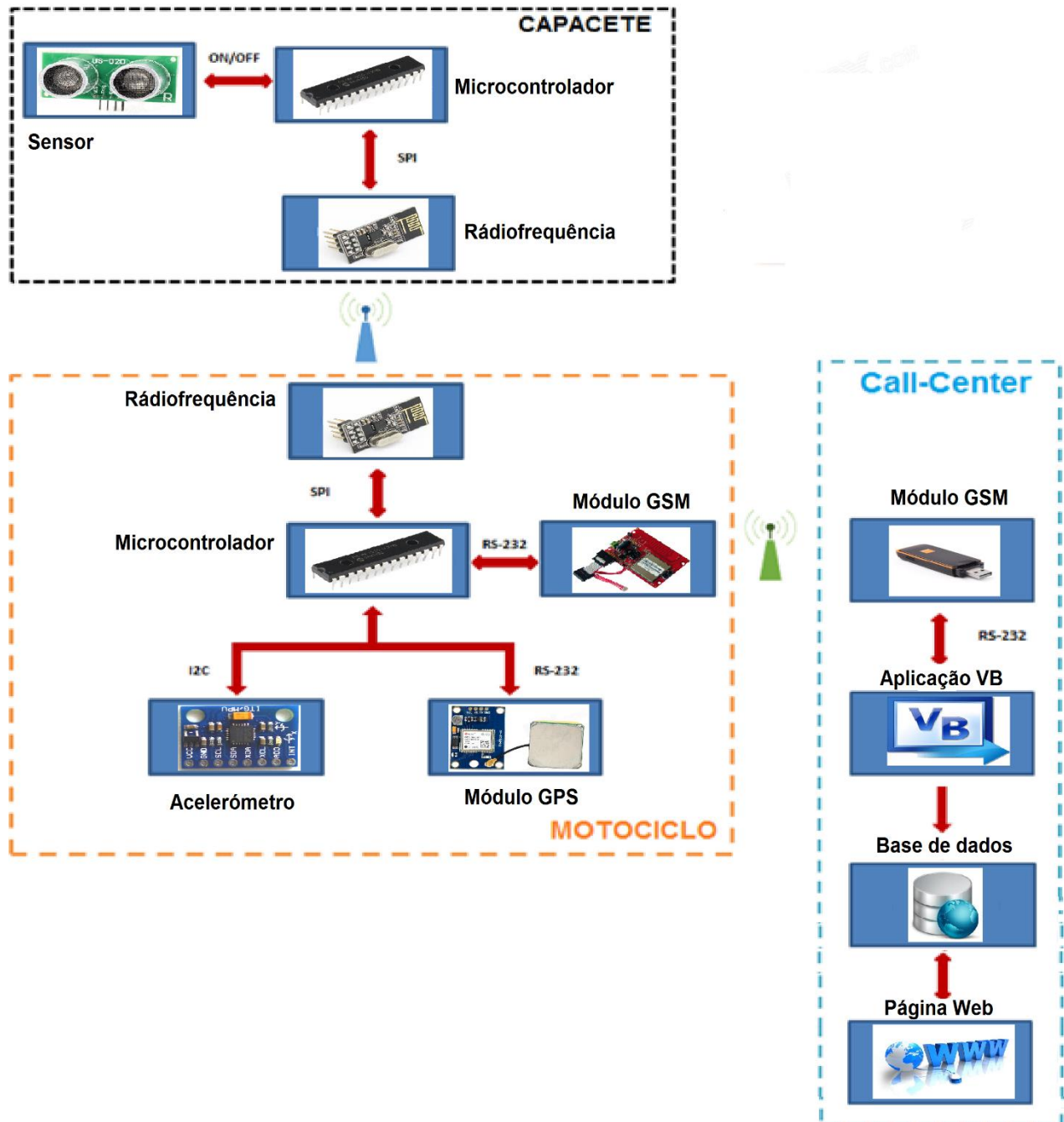


Figura 4.3 - Diagrama de blocos do sistema



Seguidamente será explicado o funcionamento geral do sistema desenvolvido. Começar-se-á pela unidade de controlo que permite o processamento e tratamento de dados.

O sistema do motociclo e do capacete utiliza o microcontrolador ( $\mu\text{C}$ ) como unidade de controlo. O microcontrolador do motociclo realiza periodicamente uma leitura dos valores recebidos pelo acelerómetro e das coordenadas geográficas fornecidas pelo GPS. Verifica a existência da comunicação por radiofrequência com o capacete, ficando à escuta de qualquer alarme vindo do capacete. Por fim, está conectado a um módulo GSM para envio de alertas de emergência. Relativamente ao microcontrolador instalado no sistema do capacete, este identifica através de um sensor ultrassom a presença de um possível veículo na retaguarda enviando por módulo radiofrequência o aviso para o sistema do motociclo.

Será necessária a existência de uma comunicação sem fios, utilizando-se o módulo radiofrequência, entre o sistema do capacete e o sistema do motociclo. Para existir comunicação com os dois módulos radiofrequências é obrigatório que estejam programados com o mesmo endereço. A finalidade desta comunicação será identificar a presença do condutor durante e após um acidente.

Relativamente ao sistema desenvolvido para o motociclo, este possui um módulo GPS que permite adquirir as coordenadas geográficas do local do acidente. É constantemente efetuada uma leitura das coordenadas geográficas fornecidas pelo GPS, as coordenadas recebidas serão guardadas e se, por alguma razão, existir uma falha de sinal numa situação de notificação, as coordenadas enviadas serão as últimas obtidas.

De forma a detetar os possíveis acidentes é utilizado um acelerómetro implementado no sistema do motociclo. Os valores do acelerómetro são registados constantemente, determinando se o ângulo de inclinação do motociclo é igual ou superior ao programado, caso esta situação seja comprovada é realizado um algoritmo. Esse algoritmo será explicado a seguir:

- 1) Só é considerado acidente caso o motociclo esteja com um ângulo de inclinação igual ou superior ao ângulo programado.
- 2) De seguida é ativado um timer de 30 segundos.
- 3) Se, por alguma razão, o condutor conseguir erguer o motociclo para a posição normal ou inferior ao ângulo programado, durante estes 30 segundos, o timer é desligado e é reiniciado.
- 4) A contagem apenas é retomada numa circunstância de queda do motociclo comprovada em 1.
- 5) Só é considerado acidente se o timer terminar a sua contagem e o motociclo estiver inclinado com o ângulo de inclinação programado durante 30 segundos.

Depois de ser considerado acidente, o serviço GSM aplicado no motociclo realiza o envio de alertas aos serviços de Call-Center. É efetuado o envio de uma mensagem de texto com a

informação das coordenadas geográficas do local do acidente. Caso exista algum erro que impeça o envio da mensagem, o serviço referido repete os vários passos até conseguir finalizar o processo de envio.

Quando a mensagem for notificada ao Call-Center, através de um serviço GSM, será realizado o tratamento da informação (Aplicação VB). Se o conteúdo da mensagem estiver de acordo com esperado, este guarda as coordenadas de GPS e do número de telefone recebido numa tabela da base de dados. Se o corpo da mensagem não estiver correto este não realiza nenhum procedimento na base de dados.

A implementação da Base de dados utilizados pelo autor foi o MySQL. A base de dados é constituída por três tabelas, a primeira obtém a informação do condutor, a segunda informação das ocorrências e a terceira possui a informação das estatísticas dos acidentes.

A monitorização dos acidentes é realizada numa Página WEB, permitindo ao utilizador visualizar, em tempo real, o local e conhecer algumas informações sobre o condutor que sofreu o acidente.

#### 4.5 Protótipo implementado

Neste capítulo pretende-se mostrar o protótipo desenvolvido, apresentando o sistema do motociclo e do capacete, Figura 4.4, e a identificação das diferentes indicadoras luminosas (LEDs) existentes de cada sistema, Tabela 4.1. Pode facilmente verificar-se que os sistemas possuem dimensões bastante elevadas para serem implementados no motociclo e no capacete, no entanto, para um protótipo final seria mais adequada uma placa de prototipagem PCB (*Printed Circuit Board*). Repare-se que na Figura 4.4 a existência de uma alimentação externa para ambos os sistemas seria também um ponto a alterar.



Figura 4.4 – Ilustração dos sistemas desenvolvidos

Tabela 4.1 - Legenda da Figura 4.4

Nº	Descrição
A	Sistema do motociclo
B	Sistema do capacete
1	LED 1 – Funcionamento módulo GPS
2	LED 2 – Funcionamento do acelerómetro
3	LED 3 – Indicação da aproximação de um veículo
4	LED 4 – Inclinação do veículo
5	LED 5 – Aviso de envio de um SMS
6	LED 6 – Alimentação do sistema
7	LED 7 – Alimentação do sistema
8	LED 8 – Funcionamento do sistema

A Figura 4.5 e Figura 4.6 e a Tabela 4.2 e a Tabela 4.3 apresentam a descrição geral do sistema do motociclo e do capacete. Visualiza-se que as ligações dos diversos componentes que fazem parte do sistema foram conectadas às placas brancas.

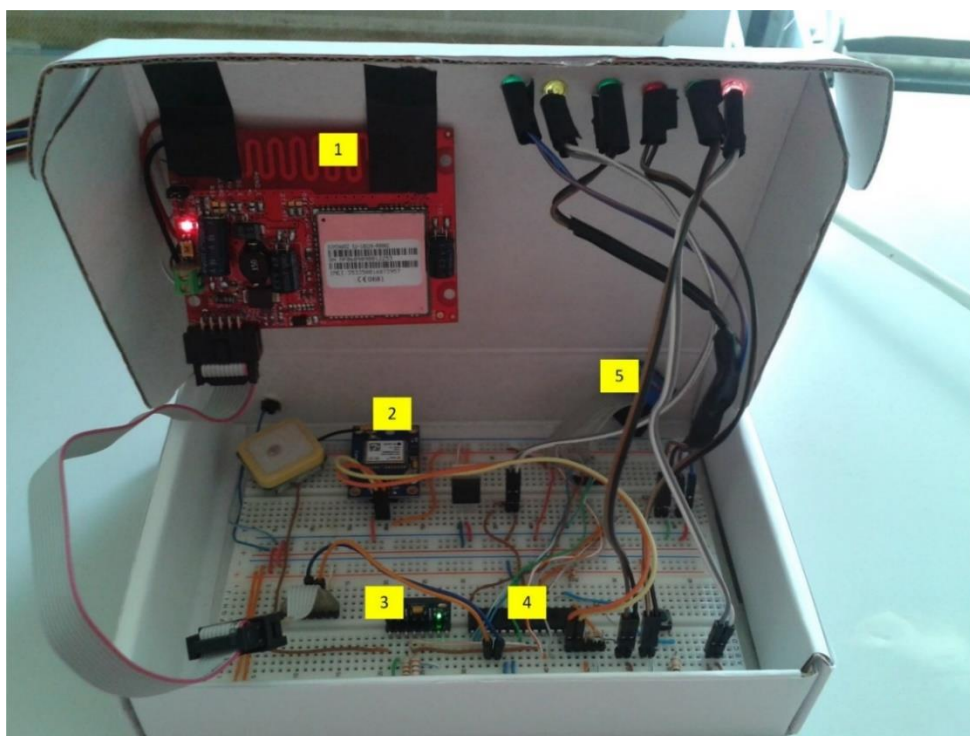


Figura 4.5 - Ilustração do sistema do motociclo (165mm\*55mm\*40mm)

Tabela 4.2 – Legenda da Figura 4.5

Nº	DESCRIÇÃO
1	Módulo GSM
2	Módulo GPS
3	Acelerómetro
4	Microcontrolador
5	Módulo Radiofrequência

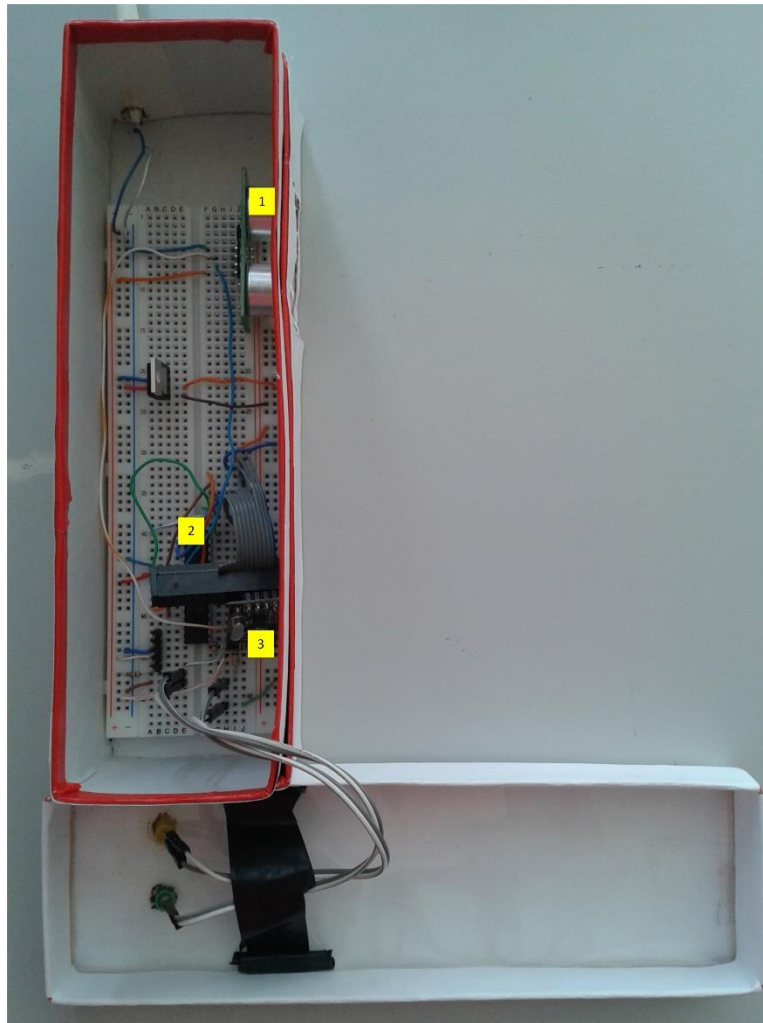


Figura 4.6 - Ilustração do sistema do capacete (167mm\*53mm\*45mm)

Tabela 4.3 – Legenda da Figura 4.6

Nº	DESCRIÇÃO
1	Sensor Ultrasom
2	Microcontrolador
3	Módulo Radiofrequência

## 4.6 Descrição dos LEDs

Visualizam-se na Figura 4.4 os dois sistemas desenvolvidos. Pretendeu-se inserir uns LEDs na parte frontal da caixa com a finalidade de perceber o funcionamento de alguns equipamentos.

Começar-se-á pela explicação do sistema do motociclo composto com seis LEDs.

O LED 1 está relacionado com o módulo GPS instalado. Caso este apanhe sinal de GPS, ou seja, se a estrutura das coordenadas for correta, o LED 1 acende; caso contrário, fica desligado.

O LED 2 pisca cada vez que recebe os valores referentes ao acelerómetro. O LED 3 está relacionado com o sensor ultrassom instalado no sistema do capacete. Cada vez que um objeto está na área de propagação, neste caso, a menos de sete metros do sensor ultrassom do sistema do capacete, o LED 3 acende; caso contrário, o LED 3 não acende.

O acelerómetro aplicado no sistema do motociclo ativa o LED 4 e o LED 5. Quando o sistema estiver com um ângulo igual ou superior ao programado o LED 5 acende, e desliga cada vez que for inferior ao valor definido pelo condutor. O LED 4 apenas acende, uma única vez, quando é enviado um SMS. Esta situação apenas acontece caso o LED 5 esteja ligado por um tempo igual ou superior a 30 segundos. Por fim, o sistema do motociclo possui o LED 6 que informa se existe alimentação na placa branca.

O sistema do capacete apenas possui dois LEDs. O LED 7 indica a existência de alimentação da placa branca e o LED 8 está relacionado com o funcionamento do sistema: pisca cada vez que percorre o programa.



# Capítulo 5

## 5 Implementação do Sistema

De seguida será apresentado mais detalhadamente o funcionamento do *hardware* e de seguida o *software*. Começa por se apresentar o *hardware*, onde estão presentes os componentes constituintes do sistema do motociclo e do capacete. Descrever-se-á a estrutura das mensagens desde o momento do acidente até ao processamento da mensagem no *software*. Para finalizar, será apresentado e explicado o funcionamento das interfaces realizadas.

### 5.1 Unidade de controlo - Microcontrolador ( $\mu\text{C}$ )

Para controlo dos subsistemas foram empregados dois diferentes microcontroladores, um no capacete (PIC18F2520) [28] e outro no motociclo (PIC18F26K22) [29]. Cada microcontrolador foi selecionado tendo em conta as características que este fornece ao utilizador para interligação dos componentes adjacentes. Apresentam-se de seguida as vantagens que os microcontroladores oferecem:

- Baixo Custo – O microcontrolador apresenta um baixo custo. O PIC18F26K22 apresenta um custo 2,20€ e o PIC18F2520 apresenta 3,08€ na Microchip Direct - Microchip.
- Baixo Consumo de energia – Uma das grandes características que o microcontrolador oferece é o seu consumo elétrico, vejamos: o microcontrolador PIC18F26K22 apresenta um valor máximo de 1.3Watt e o microcontrolador PIC18F2520 apresenta 1.8Watt.<sup>6</sup>
- Velocidade de processamento – É caracterizado por apresentar alta velocidade de processamento. A frequência de operação pode diferir de família para família do microcontrolador, o PIC18F2520 suporta uma frequência interna máxima de 8MHz e o PIC18F26K22 a 16MHz.
- Diversidades de periféricos internos – Os microcontrolador disponibilizam um gama diversificada de periféricos (dependendo do modelo em questão), oferecendo controladores de comunicação como I<sup>2</sup>C (*Inter-Integrated Circuit*), SPI (*Serial Peripheral Interface*), USB (*Universal Serial Bus*), USARTs (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*), CAN (*Controller Area Network*), controlador PWM (*Pulse-Width Modulation*), entre outras possibilidades. O microcontrolador PIC18F26K22 é constituído por 17 canais analógicos, 2 SPI, 2 I<sup>2</sup>C e 2 USARTs para integração dos diversos

---

<sup>6</sup> Considerando a PIC18F26K22 : valor máximo de tensão e corrente admitidos ( $V_{\text{max}} = 6.5\text{Volt}$  e  $I_{\text{max input current}} = 200\text{mA}$ ). Considerando a PIC18F2520 : valor máximo de tensão e corrente admitidos ( $V_{\text{max}} = 7.5\text{Volt}$  e  $I_{\text{max input current}} = 250\text{mA}$ ).

dispositivos. O PIC18F2520 é um microcontrolador simples, básico e muito utilizado, que possui disponíveis 10 canais analógicos, 1 USARTs, 1 I<sup>2</sup>C e 1 SPI.

- **Capacidade de memória** – Em termos de memória FLASH esta pode variar nos diversos microcontroladores da mesma família. O PIC18F26K22 possui 64kbytes e o PIC18F2520 detém 32Kbytes. Em relação à memória RAM (*Random Access Memory*), o primeiro microcontrolador usufrui de 3896bytes e o segundo microcontrolador desfruta de 1536bytes. Relativamente à memória EEPROM, o PIC18F26K22 apresenta 1024bytes e o PIC18F2520 possui 256bytes.

## Sistema de Posicionamento via Satélite

O sistema de posicionamento global (GPS) foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América em 1960 com base no projeto NAVSTAR (*Navigation Satellite with Time and Ranging*) para ser utilizado pelas forças armadas americanas. Com a aplicação deste sistema seria possível obter informações sobre a atual localização das suas unidades. Este sistema foi declarado totalmente operacional a partir do ano de 1995, tal como foi anunciado pela Força Aérea [30]. Atualmente este sistema oferece ao utilizador um conjunto de informações relativas à sua posição geográfica, informações horárias e atmosféricas, desde que este possua um recetor de GPS.

Para que tal pudesse acontecer realizou-se uma cobertura mundial, com possibilidade de acesso à informação em qualquer lugar do mundo, sob quaisquer condições meteorológicas e disponível 24 horas por dia. O sistema é dividido em três segmentos, o espacial, o controlo e o do utilizador. Far-se-á de seguida uma breve exposição sobre os diferentes segmentos.

Para que esta situação fosse possível basearam-se na criação de uma constelação composta por 24 satélites, Figura 5.1, distribuídos em 6 diferentes órbitas (cada uma constituída por 4 satélites). As órbitas estão a uma altitude de aproximadamente 20,350Km, fazendo um ângulo de inclinação de 55° com a linha do Equador e com um período orbital de 12 horas.

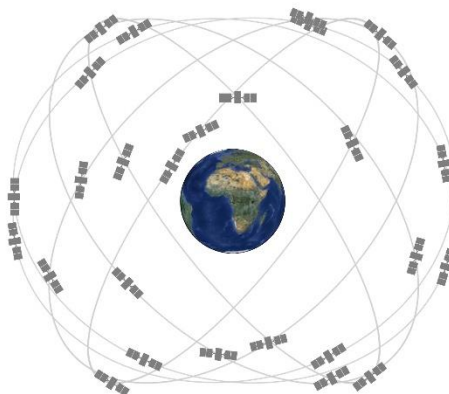


Figura 5.1 - Órbitas dos 24 satélites



Para reconhecer a posição correta no recetor de GPS são necessários 4 satélites, que utilizam um sistema conhecido como triangulação. Os primeiros três satélites possuem relógios atômicos, têm a funcionalidade de obter dois pontos possíveis da localização (utilizando a distância que depende da transmissão dos sinais de rádio dos satélites). Por fim, o quarto satélite serve para obter com maior exatidão e precisão a posição do utilizador.

O segmento de controlo, tal como o nome indica, realiza o controlo e monitorização dos diferentes satélites, calcula as correções dos seus relógios para que estes sejam equitativos, recebendo periodicamente informação das estações de monitorização para determinar a localização exata dos satélites no espaço. Além da estação mestre de controlo, este segmento inclui as estações de monitorização (um total de 16) e as antenas terrestres (um total de 4).

O segmento do utilizador consiste nos equipamentos onde os utilizadores recebem informação (no seu recetor GPS). Os recetores recebem a informação, realizam o processo de descodificação em tempo real, mostrando ao utilizador dados relativos à posição tridimensional (latitude, longitude e altitude) e à hora local, respeitando e tendo o sistema geodésico WGS-84 (*World Geodetic System - 1984*).

Este serviço tem vindo a expandir no mercado ao longo dos anos sendo utilizado em diversas situações no quotidiano, como por exemplo nos dispositivos móveis, em geologia, arqueologia, ciclismos e na agricultura. [31]

## 5.2 Módulo GPS

O módulo empregado no sistema aplicado no motociclo foi o modelo NEO-6M, Figura 5.2, produzido pela empresa U-BLOX, que é constituído por uma antena cerâmica. Esta série de GPS segue o protocolo NMEA (*National Marine Electronics Association*) e oferece ao utilizador um alto desempenho, um baixo consumo de energia (37mA em funcionamento normal e 17mA em modo poupança) e um baixo custo (aproximadamente 12€) para o acesso a este tipo de equipamentos. O módulo ainda possui um tamanho reduzido (23mm\*30mm) com uma antena também de tamanho reduzido (25mm\*25mm). Os módulos da série 6 são fabricados de acordo com a norma ISO 16750 (*Environment conditions and electrical testing for electrical and electronic equipment for road vehicles*). A alimentação do recetor GPS varia entre 2.7V a 3.6V DC, sustentando vários tipos de interfaces como UART, USB e SPI. O módulo adquirido está representado na Figura 5.2 e possui comunicação por USART [32].

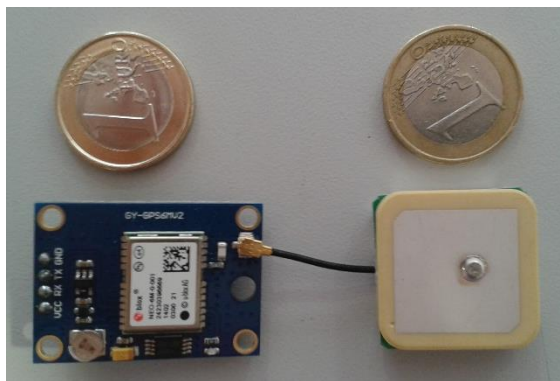


Figura 5.2 - Módulo NEO-6M GPS da Ublox

O módulo recetor de GPS foi conectado ao microcontrolador por porta série (USART) configurado a um *baudrate* de 9600. Ao ligar o dispositivo recetor de GPS é transmitido ao utilizador um conjunto de informações sobre tipos de mensagens como GPGGA (*Global positioning system fix data*), GPGLL (*Latitude and longitude, with time of position fix and status*), GPGSV (*Satellites in View*), GPVTG (*Course over ground and Ground speed*) e GPRMC (*Recommended Minimum data*). Para o caso específico no qual se necessita das coordenadas de localização de GPS utilizaram-se os dados GPGLL. A Tabela 5.1 apresenta a estrutura da mensagem com informações relevantes para sua perceção. O formato das coordenadas geográficas vem apresentado em latitude/longitude, graus + minutos, como se pode observar.

Tabela 5.1 - Estrutura da mensagem do GPS

Valor recebido	Valor pretendido	Valor estruturado
\$GPGLL,4037.7958,N,00839.44502,W,175329.00,A,A*78	4037.7958,N,00839.44502.W	40.37.7958.N.008.39.44502.W

### 5.3 Módulo GSM

O módulo utilizado foi o MOD-GSM da OLIMEX que apresenta a vantagem de ter um tamanho reduzido. O microcontrolador, quando receber um aviso de acidente, vai dar início ao envio de uma mensagem de texto com as coordenadas de GPS alertando o *Call-Center*. O *modem* disponível na placa de desenvolvimento é designado por SIM340DZ, e é operacional em Portugal. A comunicação com o microcontrolador faz-se por USART e utilizam-se comandos AT para troca de informação entre o microcontrolador e o *modem*. Na Figura 5.3 pode visualizar-se a placa de desenvolvimento utilizada no motociclo [33]. O preço da placa de desenvolvimento roda aproximadamente 50euros na página Web da OLIMEX.



Figura 5.3 - Placa GSM utilizada no sistema do motociclo [34]

Para a receção de mensagens (SMSs<sup>7</sup>) num computador utilizou-se uma placa de banda larga, da marca ZTE CORPORATION. Esta possui um tamanho reduzido e não é necessário uma alimentação externa. A placa de banda larga é designada por MF636DB HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) USB Modem Kanguru, da antiga operadora Optimus. A placa suporta serviços como GSM, GPRS, EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) a 850/900/1800/1900 MHz, gamas de frequências operacionais em Portugal. A comunicação com computador faz-se por USART e utilizam-se comandos AT para troca de informação entre o computador e o *modem* da placa de banda larga. A placa utilizada no computador encontra-se ilustrada na Figura 5.4.



Figura 5.4 - Placa GSM utilizada no computador [35]

A Tabela 5.2 expõe uma lista de comandos AT dos *modems* necessários para a comunicação com microcontrolador e com o computador. A comunicação pode ser realizada através de uma interface RS-232. Todas as placas mencionadas anteriormente foram testadas com os seguintes comandos.

---

<sup>7</sup> Não é utilizada ligação á internet.

Tabela 5.2 - Descrição dos comandos AT

Comando	Função	MOD GSM	Banda Larga ZTE
AT	Confirmação do funcionamento da placa de desenvolvimento	✓	✓
AT+CMGF=1	Comando para ativar modo escrita	✓	✓
AT+CMGS="912345678"	Seleção do número a enviar a SMS	✓	✓
AT+CMGR=1	Lê primeira mensagem	✓	✓
AT+CMGL="ALL"	Lê todas as mensagens	✓	✓
AT+CMGDA="DEL ALL"	Apagar caixa de mensagens	✓	✗
AT+CMGD=0,4	Apagar caixa de mensagens	✗	✓

Consequentemente, quando se envia os comandos AT para o *modem*<sup>8</sup> deve-se esperar por uma resposta vinda do *modem* como se pode visualizar nos diagramas ilustrados nas páginas seguintes. Para um funcionamento correto do *modem* é preciso configurá-lo por hardware e seguidamente por software. Antes de iniciar a comunicação, é necessário verificar se o *modem* se encontra funcional e, caso se confirme esta situação, envia-se o comando para ativar o modo escrita.

Na Figura 5.5 ilustra o diagrama de interações relacionado com a troca de mensagens entre o microcontrolador e o *modem* SIM340DZ do módulo MOD-GSM. O módulo MOD-GSM necessita de um cartão SIM para envio de SMS. Inicialmente, o microcontrolador efetua o pedido para o envio da mensagem para número 911732682, de seguida, recebe a confirmação do *modem*. O microcontrolador procede ao envio da mensagem pretendida, que vem estruturada da seguinte maneira, "40.37.7958.N.008.39.44502.W fim". (Exemplo de umas coordenadas aleatórias). O *modem* recebe a mensagem, trata por enviar a mensagem, notificando o microcontrolador do sucesso de envio.

<sup>8</sup> Neste parágrafo, o autor refere ao *modem* no singular mas na realidade fala do módulo aplicado no motociclo e o módulo do computador.

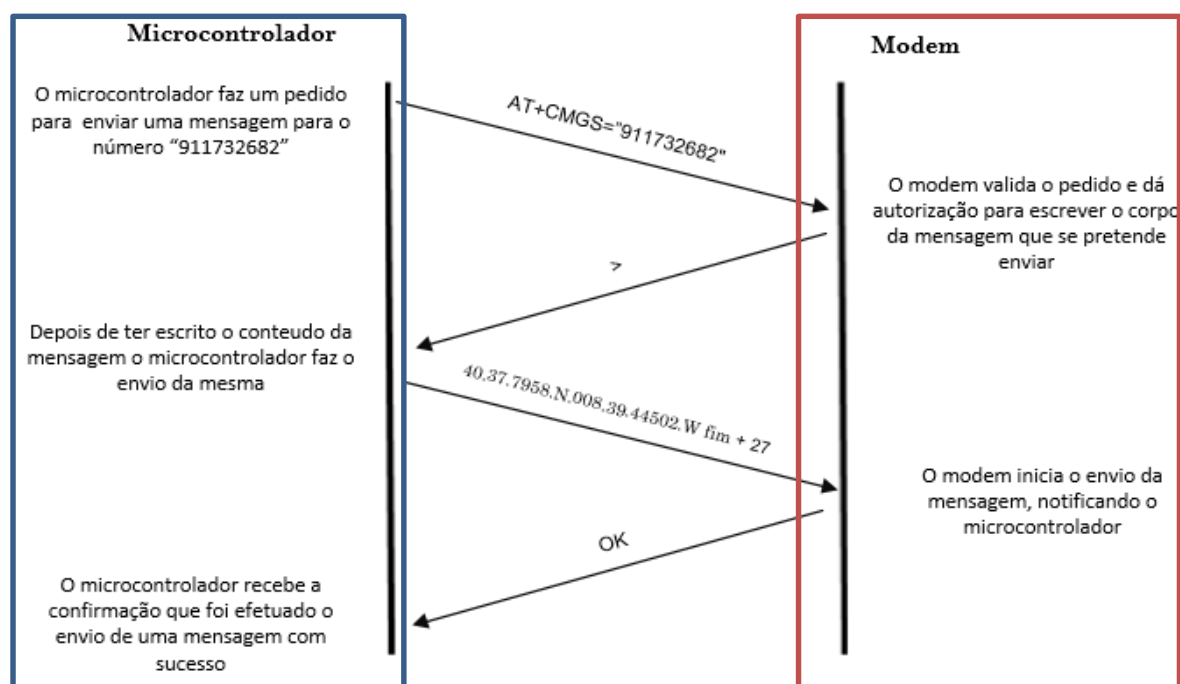


Figura 5.5 - Diagrama de interação relativo ao envio de SMS

A próxima Figura 5.6, apresenta o diagrama de interações da receção de mensagens vinda do *modem* da placa Banda Larga ZTE que está interligada com o computador. Primeiro, é recebida uma notificação com a indicação do número da mensagem recebida. O computador analisa o corpo da mensagem e realiza o processo correspondente. Seguidamente, o computador elimina a caixa de mensagens de forma a garantir que a próxima mensagem recebida esteja armazenada no primeiro *buffer*.

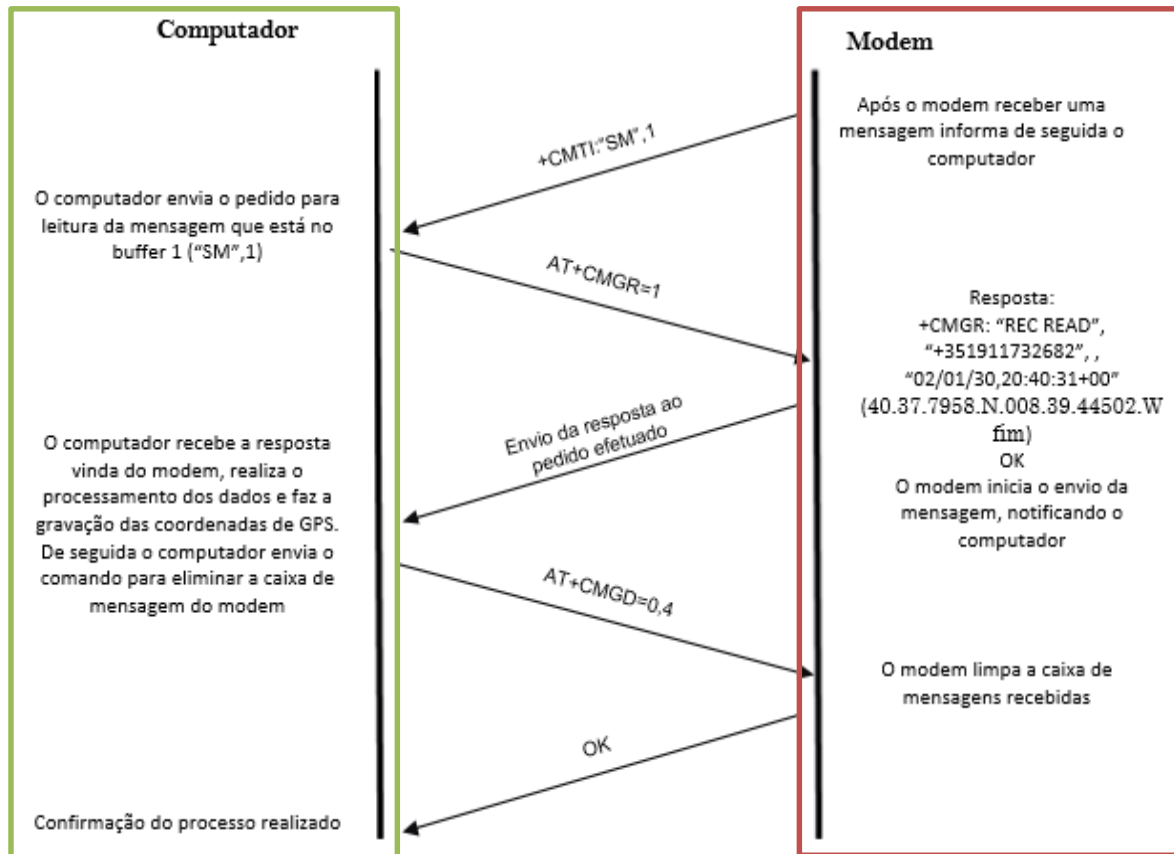


Figura 5.6 - Diagrama de interação relativo à recepção de SMS

## 5.4 Sensor Ultrassom

O sensor ultrassom tem a finalidade de medir a distância que este tem em relação a um objeto. O processo é realizado por emissão de ondas sonoras de altas frequências durante um determinado tempo. Se o sensor ultrassom detetar a presença de um objeto na sua área de propagação este recebe uma resposta. O intervalo de tempo que demora a enviar e receber a resposta permite determinar a distância a que o objeto se encontra posicionado.

Com objetivo de ajudar a prevenir acidentes, aplicou-se este sensor no sistema do capacete para detetar a aproximação de um veículo na retaguarda. A partir de uma distância inferior ou igual a 7 metros é ativado o alarme. É transmitida a informação vinda do capacete para o sistema aplicado no motociclo, utilizando a comunicação por NRF24L01+, alertando desta forma o condutor.

Visto que este sensor deteta qualquer objeto e a distância máxima é 7 metros, não seria o sensor apropriado para a presente situação. Selecionou-se este sensor devido ao baixo custo de aquisição e à sua boa precisão. Para esta situação necessitava de câmara capaz de distinguir as diversas formas e tipos de veículos rodoviários.

O sensor ultrassom utilizado foi o US-020, Figura 5.7, que possui as seguintes características [36]:

- Tensão de alimentação: 5V DC;
- Consumo normal: 3mA;
- Precisão de detecção: 0.3cm +1%;
- Alcance: 2cm a 700cm
- Temperatura de funcionamento: 0 a 70°;
- Ligação: ON/OFF;

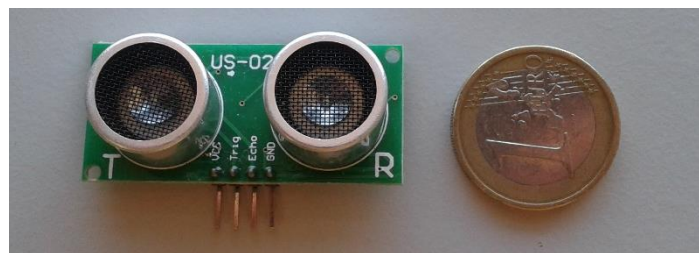


Figura 5.7 - Sensor ultrassom utilizado

## 5.5 Módulo radiofrequência

Como foi anunciando no capítulo anterior, o módulo utilizado no sistema do motociclo e do capacete foi o modelo NRF24L01+, pode visualizar-se o módulo na Figura 5.8 que foi produzido pela empresa Nordic Semiconductor. Para o presente trabalho, realizou-se a programação para ambos os sistemas, de forma a possibilitar a receção e o envio de informação por módulo radiofrequência. Para comunicação com o microcontrolador utilizam a interface por SPI (*Serial Peripheral Interface*). Inicialmente, ambos os módulos estão em modo receção, à espera de uma mensagem. Caso a mensagem seja recebida com sucesso, o processo desejado é realizado.

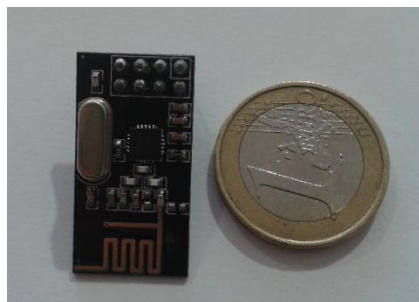


Figura 5.8 - Módulo NRF24L01+ utilizado

No protótipo desenvolvido, o master (Motociclo) recebe informação do Slave (Capacete), atuando um sinal luminoso, quando o sensor ultrassom detetar a aproximação de um objeto. No entanto, para um possível trabalho futuro, se o autor pretender fazer um pedido do motociclo para o capacete para obter uma determinada informação ou executar alguma operação, será apenas necessário alterar o tipo de mensagens, porque a programação já se encontra efetuada.

Não foi realizado nenhum protocolo de transmissão de dados, apenas só envia duas palavras, cada uma de 5bytes, quando um objeto for detetado pelo sensor ultrasom se encontra ou não na sua área de propagação. Caso encontrar um objeto, é transmitido para o sistema do motociclo, através de uma comunicação radiofrequência, a palavra “watch1”, caso contrário é enviado “none1”.

## 5.6 Acelerómetro

O acelerómetro é um dispositivo que mede aceleração de um objeto, quando este é submetido a uma força ou vibração, em relação à gravidade da terra, segundo um, dois ou três eixos perpendiculares (X,Y e Z). Os acelerómetros podem ser classificados em uniaxial, biaxial ou triaxial respetivamente. Em física, a aceleração é definida como a variação da velocidade em relação ao tempo.

Os valores podem ser apresentados de acordo com a sua unidade do SI (Sistema Internacional) sendo  $m/s^2$ , podendo também ser especificado por um factor multiplicativo de “g”. As forças “g” correspondem aproximadamente ao valor gravitacional da terra. Sendo assim, considera-se que 1g equivale  $9,807 m/s^2$ .

O princípio de funcionamento de todos os acelerómetros é baseado num sistema mecânico composto por uma massa e por uma mola fixada numa estrutura estacionária. O sistema é baseado segundo a 2ª Lei imposta por Newton, em que se relaciona a força  $F$  com massa  $m$  e aceleração  $a$ , dada pela expressão:

Equação 5.1 - Segunda lei de Newton

$$F = m \times a$$

Contudo, também está relacionado com o sistema massa-mola, em que o deslocamento da mola é proporcional à força aplicada, em que  $K$  é a constante da mola e  $x$  o deslocamento.

Equação 5.2 - Lei de Hooke

$$F = K \times x$$

Relacionando as duas equações, pode-se concluir a aceleração do corpo é proporcional ao deslocamento da massa e que o deslocamento da mola é proporcional à força aplicado.



Equação 5.3 - Relação das duas equações

$$a = \frac{(K \times x)}{m}$$

As acelerações podem ser estáticas, como a força da gravidade, e dinâmicas causadas pela inclinação, rotação e vibração.

Atualmente, existem variados tipos de acelerómetros que usam diferentes métodos de medição, os mais utilizados são os capacitivos, piezoelétricos, piezoresistivos e os microacelerómetros (MEMS). [37]

**Acelerómetros capacitivos** – Constituídos por um condensador entre a massa e a estrutura. Ao existir uma aceleração, é criado um movimento na massa que vai alterar a capacidade elétrica.

**Acelerómetros piezoelétricos** – É unida uma massa sobre o cristal piezoelétrico (cristais sintéticos ou naturais). Ao existir uma aceleração o cristal piezoelétrico fica sujeito a uma deformação originando uma diferença de potencial.

**Acelerómetros piezoresistivos** – É constituído por uma massa acoplada aos elementos piezoelétricos que quando é refletida produz uma carga elétrica. A alteração da resistência elétrica depende da tensão a que este esteja aplicado [38].

## **Acelerómetros MEMS**

A tecnologia MEMS (*Micro Electro Mechanical Systems*) combina a componente mecânica com a componente eletrónica. Estes sensores, em comparação com os convencionais, apresentam dimensões reduzidas (à escala micrométrica), menor peso, menor consumo de energia e principalmente um custo reduzido. Esta tecnologia tem sido cada vez mais comum e é aplicada por exemplo na indústria automóvel (aplicações de airbag), em computadores e tecnologia áudio vídeo (câmaras digitais). O material de fabricação dos acelerómetros MEMS é baseado na utilização de silício e materiais relacionados como SiO<sub>2</sub> e Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Relativamente ao funcionamento, é similar aos convencionais apresentados anteriormente.

## **Acelerómetro - MPU-6050**

Selecionou-se o acelerómetro com referência MPU-6050 da empresa IvenSense, como ilustra a Figura 5.9. Pretendia-se um acelerómetro que possuísse um baixo custo de aquisição, um baixo consumo de energia e, além disso, com três graus de liberdade para, futuramente,

haver possibilidade de melhoria do sistema. O MPU-6050 tem sido fortemente adotado por diversos fabricantes em diferentes dispositivos eletrônicos, incluindo smartphones e tablet's.

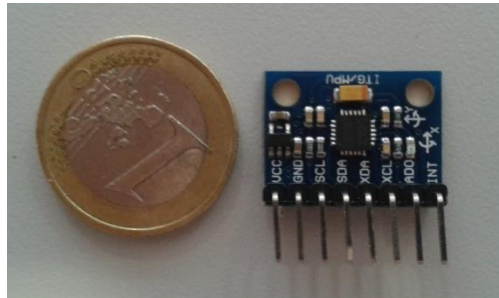


Figura 5.9 - Acelerómetro MPU-6050

Este sensor foi o primeiro no mundo a combinar três eixos de acelerómetro, três eixos de giroscópio juntamente com um processador digital de movimento™ (DMP™), possuindo uma capacidade de processar complexos algoritmos [39]. O dispositivo permite interligar outros sensores por um barramento I2C auxiliar como se pode observar a figura 8.

O chip MPU-6000 e o MPU-6050 são semelhantes, no entanto o primeiro também permite comunicação por SPI, enquanto o MPU-6050 apenas permite por I2C. No entanto, o MPU-6050 possui um pino referência VLOGIC<sup>9</sup> (não disponível do módulo adquirido) enquanto os MPU-6000 não dispõem dessa característica.

De seguida é apresentado as principais características pertencentes a este acelerómetro:

- Possui três eixos de liberdade (X,Y e Z);
- Funcionamento até  $\pm 16g$ ;
- Resolução ADC de 16bits;
- Consumo normal de operação  $500\mu A$ ;
- Sensibilidade até  $16,384 \text{ LSB}/g^{10}$ ;
- Frequência de funcionamento até  $400\text{KHZ}$ ;
- Tensão de alimentação entre  $2.375V$  e  $3.46V$ ;
- Não necessita de calibração.

---

<sup>9</sup> Define os níveis de tensão da interface I<sup>2</sup>C.

<sup>10</sup> Factor de escala da sensibilidade do acelerómetro.

## 5.7 Interfaces do Sistema

Elaboraram-se duas interfaces com funcionalidades diferentes, a aplicação VB e a página Web, ambas estão relacionadas.

O corpo da mensagem de emergência recebida na aplicação VB passa por diferentes etapas até ser obtida toda a informação revelante para o profissional de apoio a acidentes. A implementação de uma base de dados irá permitir a partilha de registos referentes aos condutores e aos acidentes. Cada condutor é identificado através do número de telefone do sistema aplicado no motociclo. A receção de uma mensagem implica a atualização de uma ocorrência, que só é visível na interface Web, caso o número de telefone esteja registado na base de dados. O sistema de base de dados implementado teve o auxílio do MySQL Server. Na Figura 5.10 pode ser observado o diagrama das interações dos processos entre a Aplicação VB, Página Web e da Base de dados (MySQL).

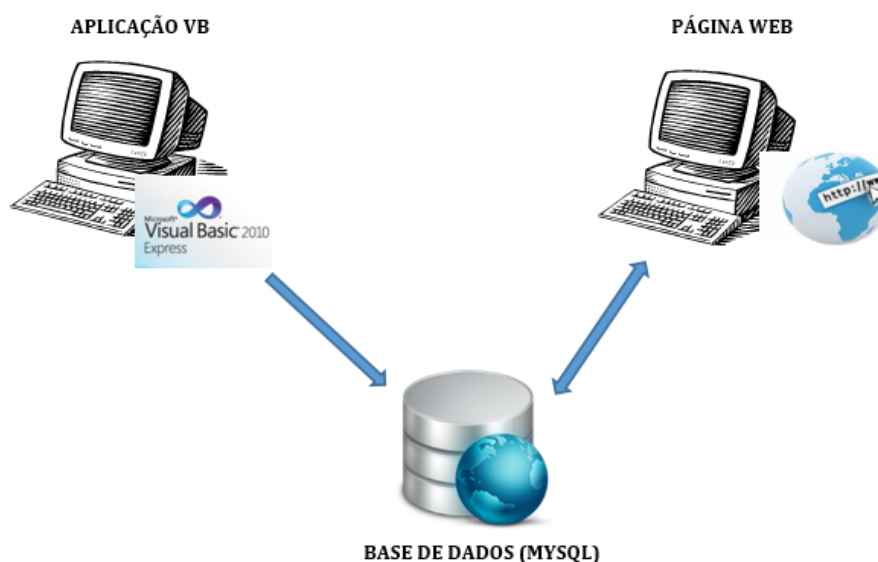


Figura 5.10 - Diagrama de interações do serviço

A base de dados é constituída por três tabelas: “*Inscrição*”, “*OcorrênciaOnline*” e “*OcorrênciaEstatística*”. A aplicação desenvolvida em VB acede remotamente à base de dados guardando informação na tabela “*OcorrênciaOnline*” e na “*OcorrênciaEstatística*”. A interface WEB possibilita guardar os dados do condutor na tabela “*Inscrição*”, além disso permite visualizar da informação de todas as tabelas. A Figura 5.11 apresenta a relação existente entre as diferentes tabelas da base de dados remota.

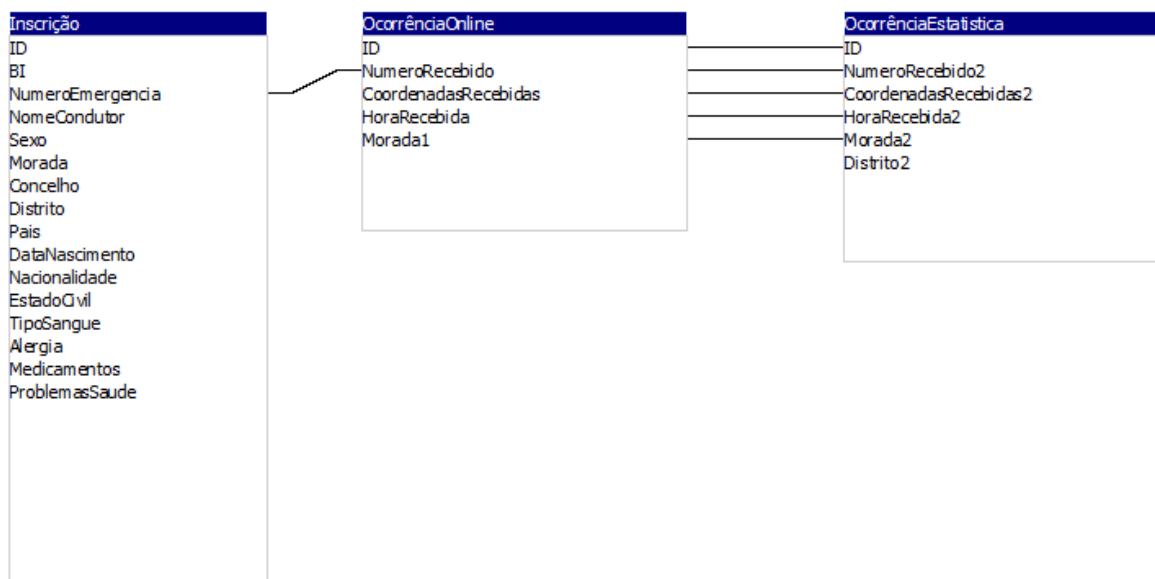


Figura 5.11 - Relações das tabelas constituintes da base de dados

Seguidamente será explicada com mais pormenor cada tabela da base de dados. Começa-se pela tabela “*OcorrênciaOnline*” e “*OcorrênciaEstatística*”. Têm uma relação muito similar, a única diferença existente é a coluna Distrito2.

#### Tabela “OcorrênciaOnline”:

- ID – Incrementado automaticamente cada vez que a mensagem recebida no VB seja válida e gravada uma ocorrência na base de dados;
- NumeroRecebido – Remetente da mensagem recebida no VB;
- CoordenadasRecebidas – Coordenadas geográficas (convertidas) da mensagem recebida no VB;
- HoraRecebida – Hora automática do MySQL Server;
- Morada1 – Cada vez que é feito um requisito HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) este fornece a morada do acidente.

#### Tabela “OcorrênciaEstatística”:

- ID – Incrementado automaticamente cada vez que a mensagem recebida no VB seja válida e gravada uma ocorrência na base de dados;
- NumeroRecebido2 – Remetente da mensagem recebida no VB;
- CoordenadasRecebidas2 – Coordenadas geográficas (convertidas) da mensagem recebida no VB;
- HoraRecebida – Hora automática do MySQL Server;

- Morada1 – Cada vez que é feito um requisito HTTP este fornece a morada do acidente;
- Distrito2 – Através da Morada1 é retirado o distrito da ocorrência.

A tabela “*Inscrição*” possui mais informações pois esta está relacionada com a informação pessoal do condutor. Repare-se nas diversas possibilidades existentes em algumas informações. Na secção 5.7.2 verifica-se um exemplo realizado.

#### **Tabela “Inscrição”:**

- ID – Incrementado automaticamente cada vez que é registado um condutor;
- BI – Número de Identificação (Cartão de Cidadão);
- NumeroEmergencia – Número do telefone do sistema do Motociclo;
- NomeCondutor – Nome do condutor associado ao número de telefone do sistema do motociclo;
- Sexo – Permite seleccionar a opção “Masculino” ou “Feminino”;
- Morada – Morada de condutor;
- Concelho – Concelho do condutor;
- Distrito – Distrito do condutor;
- País – País do condutor;
- DataNascimento – Permite seleccionar através de um calendário a data de nascimento do condutor;
- Nacionalidade – Nacionalidade do condutor;
- EstadoCivil – Permite seleccionar a opção “Solteiro”, “Casado”, “Viúvo(a)”, “Divorciado(a)” e “Separado(a)”;
- TipoSangue – Permite seleccionar a opção “O+”, “A+”, “B+”, “AB+”, “O-”, “A-”, “B-”, “AB-” e “Não sabe”;
- Alergia – Alergias que o condutor possui;
- Medicamentos – Medicamentos que o condutor toma;
- ProblemasSaude – Problemas de Saúde que o condutor possui.

### **5.7.1 Aplicação para Computador**

Desenvolveu-se uma aplicação que permite a receção de mensagens que chegam do sistema instalado no motociclo. Esta aplicação foi elaborada no *software* Visual Basic 2010 Express e utiliza uma comunicação por porta série (USART) com a placa banda larga ZTE. Procedo-se sempre à leitura da primeira mensagem recebida, efetuando-se a confirmação da mensagem, seguida do tratamento dos dados, e por fim, a eliminação da caixa de mensagens do

cartão aplicado na placa GSM. Deste modo existe a vantagem de a caixa de mensagens nunca ficar preenchida, permitindo sempre a receção de mensagens.

O corpo da mensagem só é válido caso esta chegue estruturada da seguinte maneira: “40.37.7958.N.008.39.44502.W fim”. Os valores das coordenadas de GPS recebidas chegam no formato latitude/longitude, graus + minutos e será convertido automaticamente para graus decimais. Caso a mensagem chegar com a estrutura correta, é retirada dois dados dos detalhes da mensagem que serão guardados na tabela “*OcorrênciaOnline*” e “*OcorrênciaEstatistica*” da base de dados remota. O primeiro dado é relativo às coordenadas de GPS e o segundo diz respeito ao número de telefone do remetente da mensagem. A interface gráfica do *software* realizado, que executa o processo descrito, encontra-se representada na Figura 5.12.

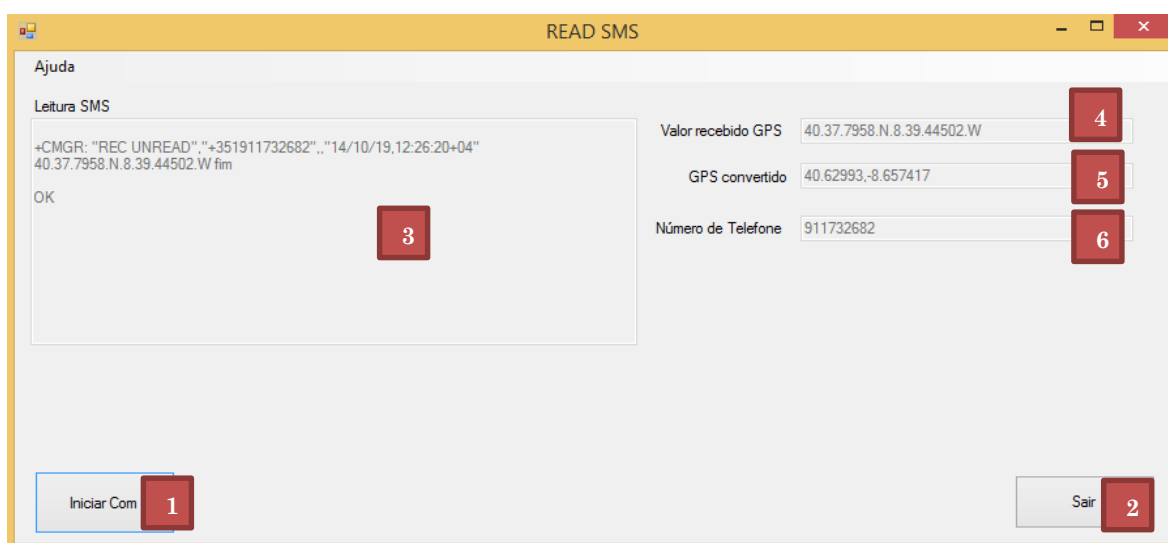


Figura 5.12 - Aplicação desenvolvida em VB

Certifica-se que o valor calculado para as coordenadas da latitude é de 40,62993, e -8,657417 para a longitude. A descrição da interface está apresenta na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Legenda da Figura 5.12

Nº	Descrição
1	Configuração da porta série e confirmação se existe ligação á base de dados remota
2	Fechar interface
3	Apresenta toda a informação da SMS recebida (inclui o corpo da mensagem)
4	Valor das coordenadas GPS retiradas do corpo da mensagem
5	Conversão das coordenadas GPS (efetuado automaticamente)
6	Valor do número de telefone retirado do corpo da mensagem

A Figura 5.13 ilustra o fluxograma do funcionamento da aplicação em VB.

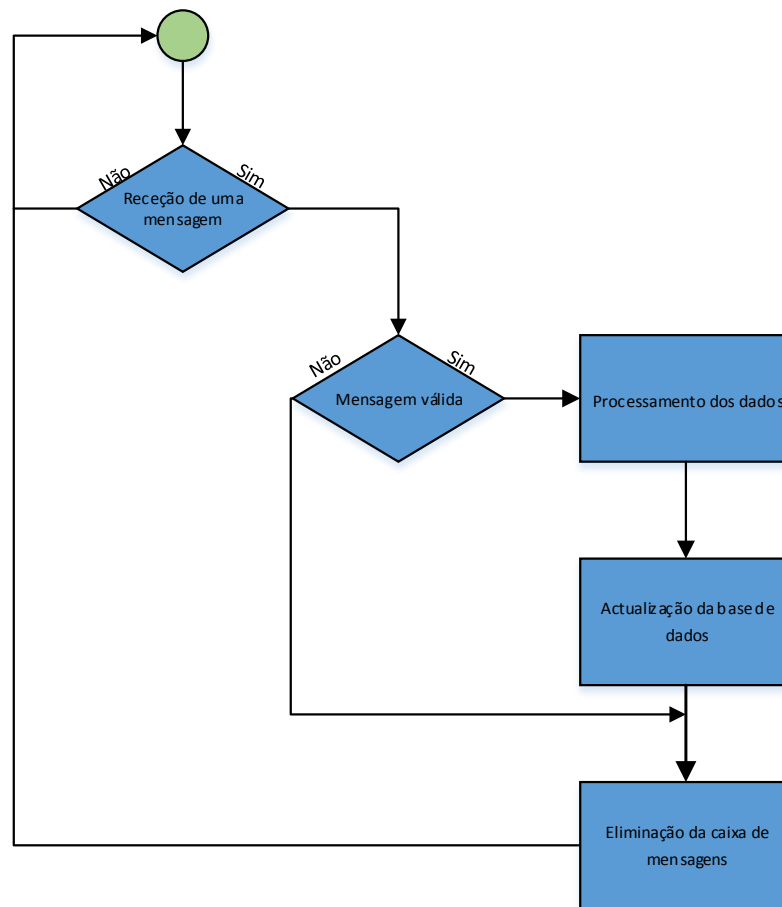


Figura 5.13 - Fluxograma do programa VB

### 5.7.2 Página Web

Desenvolveu-se uma página Web, utilizando as linguagens de programação JAVASCRIPT, PHP e HTML, que permite visualizar e controlar as ocorrências dos acidentes em tempo real. Em caso de acidente é relevante reconhecer as informações pessoais do condutor, sendo esta interface uma possível solução para corrigir este problema. Além desta possibilidade, esta interface permite as seguintes funcionalidades:

- Registrar um condutor;
- Procurar informações sobre um condutor;
- Visualizar ocorrências em tempo real;
- Ilustrar as estatísticas dos acidentes.

### a) Registrar um condutor

Foi desenvolvida uma opção que permite registar o número de telefone que está implementado no sistema do motociclo. Esta aplicação possibilita criar rapidamente o perfil do condutor possuindo todas as informações necessárias para os socorristas em caso de emergência por exemplo detalhes sobre alergias, medicamentos e problemas de saúde. Esta aplicação tem a funcionalidade de criar diversos perfis de condutores que serão guardados na tabela da base de dados “*Inscrição*”. Para criar os dados pessoais será necessário preencher todos os campos. A Figura 5.14 mostra o ambiente gráfico da opção *Registar Condutor* da página WEB desenvolvida.

CALL-CENTER :Centro de Apoio a Acidentes com Motociclos

Registrar Condutor | Procurar Condutor | Ocorrências online | Estatísticas

Numero de telefone do Sistema: 911732682 BI: 13779055

Nome: Rui Santos Masculino:  Feminino:

Morada: Aveiro Conselho: Aveiro

Distrito: Aveiro País: Portugal

Data Nascimento: 1987-04-17 Nacionalidade: Portuguesa

Estado Civil: Solteiro Tipo de Sangue: B+

Alergias: Nada Medicamentos que toma actualmente: Nada

Problemas de saúde: Nada

Limpar Enviar

Figura 5.14 - Opção registar condutor - Página Web

### b) Procurar informações sobre um condutor

Existe a possibilidade de um funcionário do Call-Center procurar um ou mais condutores (que estejam registados na tabela “*Inscrição*”), Figura 5.15, de forma a visualizar todas as suas informações, Figura 5.16. É possível procurar através do número do cartão de cidadão (ou BI), o nome da pessoa ou o distrito a que pertence. Esta situação foi pensada com a finalidade de fornecer ao hospital os dados atualizados do condutor.



**CALL-CENTER :Centro de Apoio a Acidentes com Motociclos**

[Registrar Condutor](#) | 
 [Procurar Condutor](#) | 
 [Ocorrências online](#) | 
 [Estatísticas](#)

**Procurar Condutor:**

Bilhete de Identidade:   
 Nome do Condutor:   
 Distrito:

Copyright © Duarte Valente  
2013/2014

Figura 5.15 - Opção procurar condutor - Página Web

**CALL-CENTER :Centro de Apoio a Acidentes com Motociclos**

[Registrar Condutor](#) | 
 [Procurar Condutor](#) | 
 [Ocorrências online](#) | 
 [Estatísticas](#)


Nome	BI	Numero de Emergencia	Sexo	Morada	Concelho	Distrito	Pais	Data de Nascimento	Nacionalidade	Estado Civil	Tipo de Sangue	Alergias	Medicamentos	Problemas de Saude
Rui Santos	13779055	 911732682	Masculino	Aveiro	Aveiro	Aveiro	Portugal	1987-04-17	Portuguesa	Solteiro	B+	Nada	Nada	Nada

Figura 5.16 - Visualização da informação pessoal do condutor

### c) Visualizar ocorrências em tempo real

O sistema desenvolvido atualiza a cada segundo a tabela disponível na opção *Ocorrências online*, mostrando a informação do condutor e do acidente (utilizando algumas informações da tabela “*Inscrição*”, “*OcorrênciaOnline*” e “*OcorrênciaEstatística*”). A ocorrência só é apresentada na tabela quando, o número de telefone do condutor que é gravado na tabela “*OcorrênciaOnline*” seja igual ao número de telefone registado na tabela “*Inscrição*”.

De forma a obter o local do acidente, realizou-se processo de geocodificação reversa<sup>11</sup>, carregando no botão “Mapa”. Depois de ser selecionada essa opção, serão armazenados os endereços legíveis (Morada e Distrito), alusivos ao número de telefone recebido na tabela “*OcorrênciaEstatística*” e na tabela “*OcorrênciaEstatística*” da base de dados remota. Ao pressionar o botão “Apagar” elimina essa ocorrência da tabela “*OcorrênciaOnline*” mantendo intacta a mesma informação na tabela “*OcorrênciaEstatística*”. Na Figura 5.17 permite visualizar essa funcionalidade.

CALL-CENTER :Centro de Apoio a Acidentes com Motociclos										
Registrar Condutor		Procurar Condutor			Ocorrências online			Estatísticas		
Hora	Numero Recebido	Coordenadas GPS	Nome Condutor	Tipo Sangue	Alergias	Medicamentos	Problemas de Saude	Morada	Apagar	Mapa
2014-10-11 16:14:07	911732682	40.62893 -8.657417	Rui Santos	A+	Nada	Nada	Nada	Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal	Apagar	Mapa

Figura 5.17 - Opção ocorrências online - Página Web

## Verificar o local da ocorrência num mapa

No que diz respeito ao local do acidente, a morada convertida não dá a certeza absoluta do local do acidente. De forma a resolver esta situação, utilizou-se o processo de georreferenciação. Georreferenciação consiste numa tecnologia que permite obter pontos num mapa ou numa imagem recorrendo à informação de coordenadas geográficas. A implementação desta funcionalidade neste *software* possibilita visualizar num mapa o local exato do acidente. A finalidade desta opção serve para diminuir o tempo de resposta dos serviços de emergência e das entidades fiscalizadoras ao local do acidente. Através de um botão identificado com o nome *Mapa* abre-se uma nova aba onde se visualiza num mapa algumas informações (Morada e Nome

<sup>11</sup> Realiza a conversão de coordenadas geográficas de formato decimal em endereços legíveis. Toda a conversão é realizada através de um pedido a um geocodificador por meio de uma solicitação em HTTP [40].

do Condutor), como ilustra a Figura 5.18. O marcador a vermelho identifica o local correspondente às coordenadas de GPS do acidente.

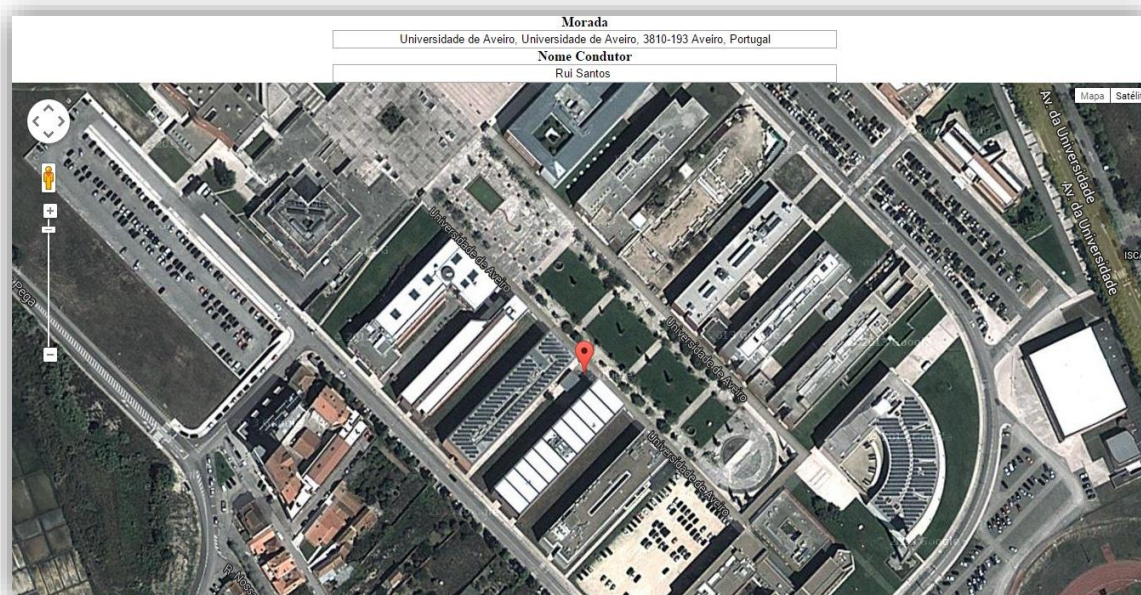


Figura 5.18 - Visualização do acidente num mapa

#### d) Ilustrar as estatísticas dos acidentes

Outra funcionalidade implementada permite informar sobre o número de ocorrências sucedidas nos diversos distritos de Portugal e nas Regiões Autónomas, onde é utilizada a informação referente à tabela “*OcorrênciaEstatística*”. Com estes dados pode realizar-se um estudo estatístico. Pretende-se que estes valores sejam atualizados automaticamente, reduzindo o tempo e trabalho efetuado pelas entidades. Além disso, fornece a informação dos locais onde será necessária uma futura melhoria da segurança rodoviária. Os dados apresentados na Figura 5.19 são relativos aos acidentes apresentados na Figura 5.17. Observa-se a existência da ocorrência no distrito de Aveiro.



Figura 5.19 - Estatísticas dos acidentes

# Capítulo 6

## 6 Experiências e Resultados

A metodologia utilizada pelo autor para determinar o ângulo de inclinação do motociclo está relacionada com utilização da componente gravitacional. Para extração dos valores colocou-se o acelerómetro quase imóvel, numa placa branca, colocado em cima de uma mesa, alterando manualmente o seu ângulo de inclinação.

Quando o acelerómetro estiver aplicado horizontalmente sobre uma superfície plana e imobilizado, deve exibir o valor da gravidade ( $9,807 \text{ m/s}^2$ ) ao longo dos eixos de Z e valor nulo nos restantes eixos.

A determinação do valor do angulo de inclinação passa por utilizar o eixo do Z e o eixo do Y. Assumindo assim que o motociclo apenas inclina para o lado esquerdo ou para o direito. Através da Equação 6.1 permitiu determinar o valor do ângulo de inclinação.

Equação 6.1 - Equação para determinar o valor angular

$$\theta_{ZY} = \tan^{-1} \frac{A_Z}{A_Y}$$

Mesmo sabendo na teórica que este acelerómetro não precisa de calibração, o autor pretendeu verificar a leitura dos dados, realizando três experiências. Na realidade estes dispositivos podem não fornecer uma leitura correta dos valores do acelerómetro, apresentando algum ruído ou erro, no entanto estão próximos dos pretendidos, como se pode verificar nas figuras apresentadas a seguir. De forma a aperfeiçoar os valores pretendidos, o autor realizou uma calibração efetuando uma média de 8 valores anulando os dois valores das extremidades (o mais elevado e o mais baixo).

Na Figura 6.1 e na Figura 6.2 pode-se observar que na posição normal os dados relativos aos eixos X e Y são sensivelmente  $0^\circ$ , variando em torno do  $0g$ , enquanto o eixo dos Z se obtém próximo do valor da gravidade,  $1g$ . Esta situação é apenas para ilustrar a componente gravitacional de eixo em Z que apresenta um ângulo de  $90^\circ$ .

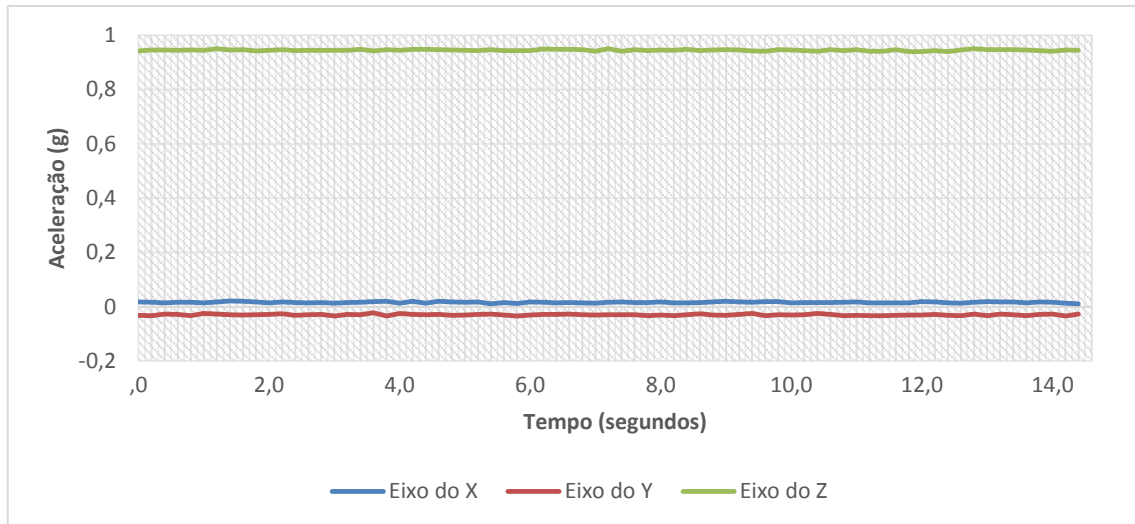


Figura 6.1 - Valores do acelerómetro, com eixo do X e Y=0°, quando o eixo Z = 1g

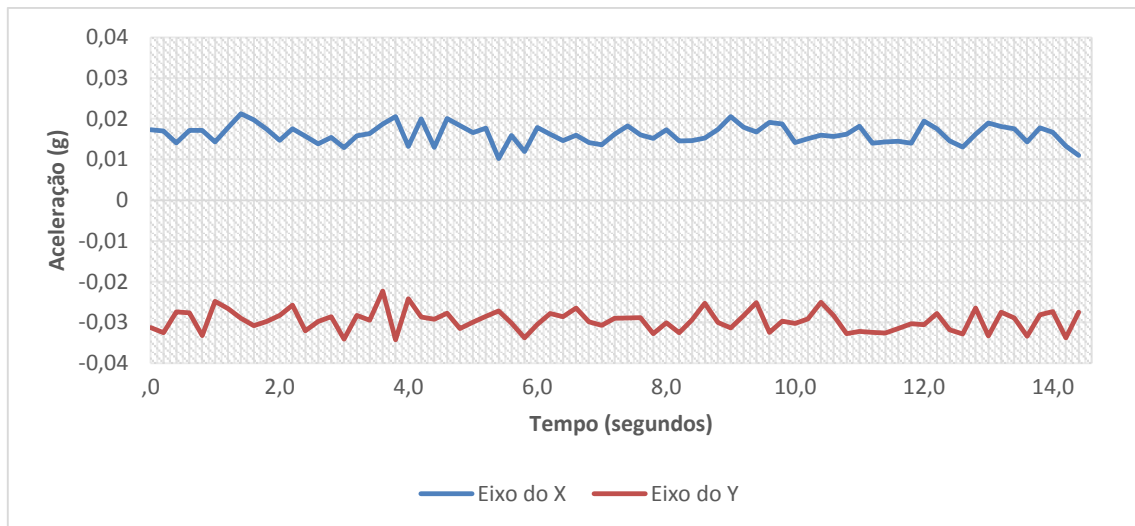


Figura 6.2 - Variação dos eixos X e Y em torno do eixo 0

Na experiência efetuada pode reparar-se, na Tabela 6.1, que os eixos X, Y e Z do acelerómetro estão próximos do valor real esperado. Como não foi possível manter estável a placa branca na posição horizontal, o valor do ângulo é um bocado distante do pretendido. Verifica-se que o desvio padrão para estes valores adquiridos é bastante reduzido.

Tabela 6.1 - Resultado da primeira experiência, para o eixo Z quando  $g = 1$

		Eixo do X (g)	Eixo do Y (g)	Eixo do Z (g)	Ângulo (°)
Referência Real		0	0	1	90
Valor médio medido		0,0162	-2,2957	0,94489	-88,25235
Desvio Padrão		0,0023	0,002609	0,0061	0,1588669

Na Figura 6.3 e na Figura 6.4 apresenta-se a segunda experiência. É simulada uma inclinação vertical do acelerómetro para o lado esquerdo, desta forma os resultados obtidos seriam contrários ao anterior, informando que o eixo do Y estava sobre o efeito da gravidade e valor nulo nos eixos X e no eixo Z.

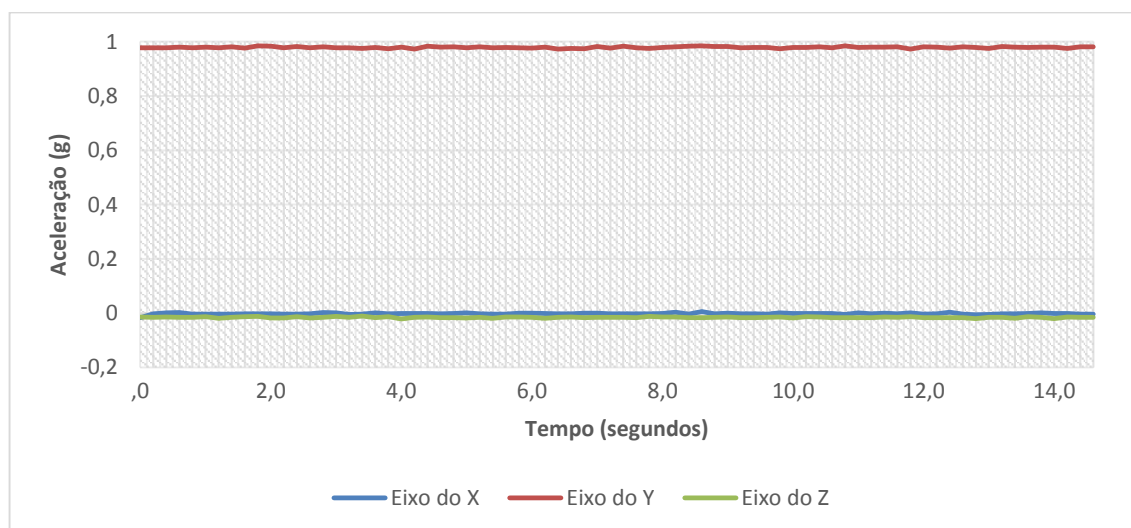


Figura 6.3 - Valores do acelerómetro, com eixo do X e Z=0<sup>o</sup>, quando o eixo Y = 1g

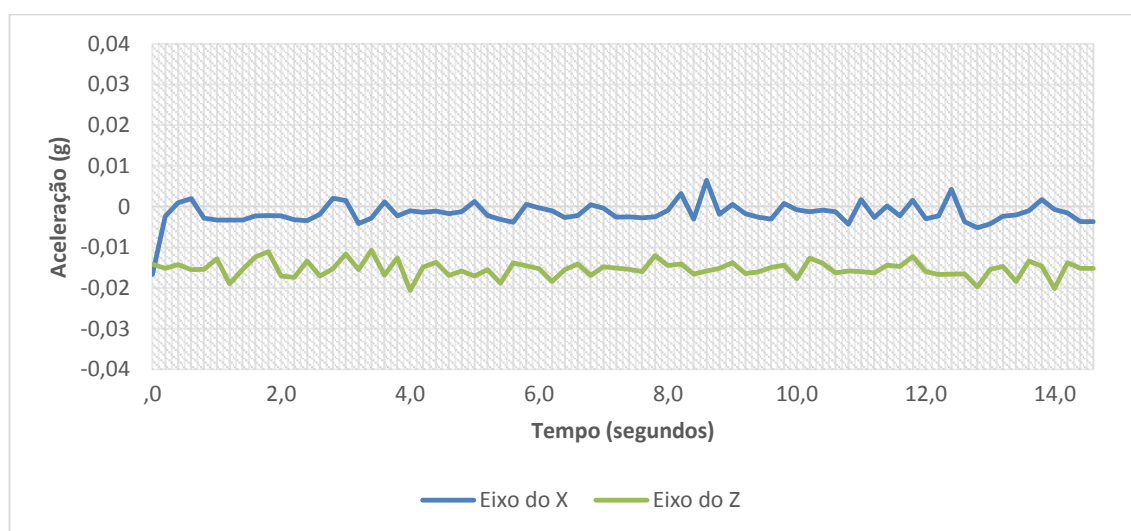


Figura 6.4 - Variação dos eixos X e Z em torno do eixo 0

Como se pode observar na Tabela 6.2 os valores dos eixos X e Z são aproximadamente 0, enquanto o valor médio medido no eixo Y é circunjacente ao valor da gravidade. Mais uma vez o desvio padrão nesta experiência é praticamente idêntico ao da experiência anterior.

Tabela 6.2 - Resultado da primeira experiência, para o eixo Y quando  $g = 1$

	Eixo do X (g)	Eixo do Y (g)	Eixo do Z (g)	Ângulo (°)
Valor Real	0	1	0	0
Valor médio medido	-0,00158	0,978901	-0,01535	-0,89851
Desvio Padrão	0,002776	0,002872	0,001995	0,116586

Na última experiência inverteu-se a posição anterior, podendo-se observar que a variação do eixo do X e do eixo do Z oscila em torno do 0g, sendo o valor esperado para esta situação. A Figura 6.5 e a Figura 6.6 contêm os resultados obtidos na experiência de inclinação do acelerómetro para o lado direito, assumindo a queda do motociclo para o mesmo lado.

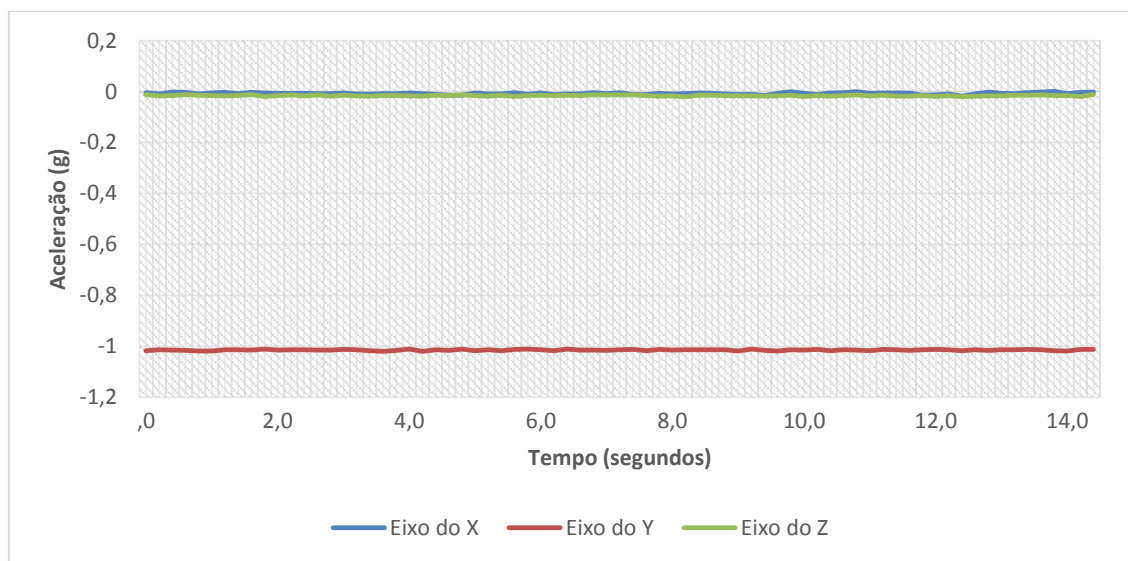


Figura 6.5 - Valores do acelerómetro, com eixo do X e Y=0°, quando o eixo Y = -1g



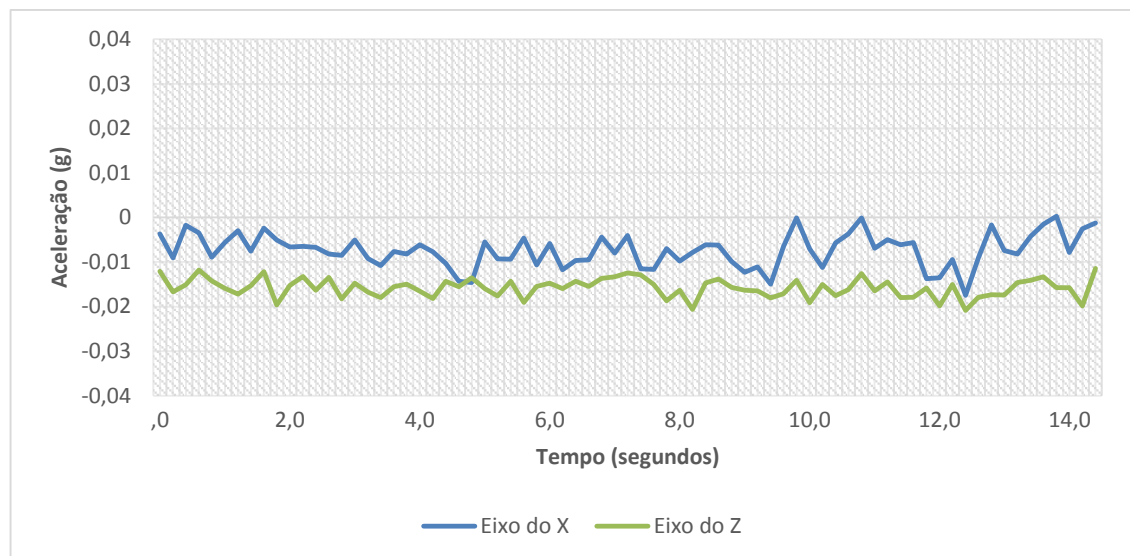


Figura 6.6 - Variação dos eixos X e Z em torno do eixo 0

Consequentemente realizou-se a Tabela 6.3 com os dados obtidos desta experiência, onde permite notar que o ângulo obtido está mais próximo de 1 do que de 0°. Verifica-se que o desvio padrão calculado está próximos dos valores alcançados nas anteriores experiências.

Tabela 6.3 - Resultado da primeira experiência, para o eixo Y quando  $g = -1$

	Eixo do X (g)	Eixo do Y (g)	Eixo do Z (g)	Ângulo (°)
Valor Real	0	-1	0	0
Valor médio medido	-0,00736	-1,01478	-0,01579	0,891869
Desvio Padrão	0,00374	0,002324	0,002164	0,122179

Analisados os diferentes dados relativos à variação dos eixos em torno de 0° pode-se retirar a conclusão de que existe uma pequena variação. Observou-se nas três experiências que o desvio padrão é baixo o que dá para concluir que o valor está próximo da média, ou seja, obtém-se uma melhor precisão nos valores. Potencialmente, com estas condições, o sistema poderá funcionar numa situação em que o motociclo esteja imobilizado, como foi testado num ambiente laboratorial.



# Capítulo 7

## 7 Conclusão e trabalho futuros

A implementação de sistemas de segurança e apoio aos condutores de motocicletas, em situação de emergência, é uma realidade. No entanto, um dos principais problemas com que nos deparamos diariamente é o tempo de resposta dos serviços de emergência até ao local da ocorrência. A demora pode, por vezes, gerar consequências graves ao condutor ou passageiros.

O sistema desenvolvido passou pela realização de uma arquitetura com a finalidade de ser aplicada e integrada em todos os modelos de motocicletas, sendo este um dos objetivos do projeto. Teve-se em conta o custo de integração dos diferentes componentes de forma a realizar um protótipo, quase final, funcional e acessível a todos os condutores desta categoria de veículos. Efetuou-se uma interface que possibilita a monitorização dos acidentes em tempo real, reconhecendo o local exato do acidente e melhorando assim o conceito de georreferenciação. A funcionalidade de reconhecer algumas informações do condutor pode ser por exemplo utilizada para atualizar informações num hospital. Este sistema possui ainda uma base de dados de forma a armazenar todos os dados relativos aos condutores e aos motocicletas, mantendo atualizada toda a informação em tempo real para futuras consultas.

No entanto, este sistema não foi testado durante uma condução, desta forma não se garante uma funcionalidade exata do sistema. Perante os testes experimentais que foram realizados, em ambiente laboratorial, utilizando placas brancas observou-se que os valores recebidos pelo acelerómetro estão de acordo com o esperado, estando praticamente calibrados. Verificou-se o funcionamento do sistema global, no entanto, e sabendo que é uma área com total relevância para os condutores, necessita-se de um aperfeiçoamento complementar. O tempo de envio da mensagem vindo do motociclo até chegar ao Call-Center é praticamente instantâneo, no entanto, em falha de rede móvel a situação pode alterar.

Relativamente ao trabalho futuro, este passaria por várias etapas. Em primeiro lugar, pelo estudo das diversas situações que poderão suceder diariamente com motocicletas no meio rodoviário, examinando e averiguando as falhas, de modo a que se possa aperfeiçoar o sistema desenvolvido. A realização de uma placa prototipagem PCB e a aplicação de uma bateria seria importante neste sistema, facilitando a realização de diversos ensaios.

Seguidamente, a aplicação de um sensor de impacto no capacete seria uma mais-valia, pois desta forma seria possível, em caso de acidente, reconhecer a queda do condutor. A introdução de novas variáveis, como a velocidade e o número de passageiros seria uma melhoria futura para determinar um possível acidente.

A criação de uma página *web* para o condutor seria um objetivo fundamental, para que este pudesse atualizar os dados pessoais no seu computador, no *smartphone* ou em qualquer outro dispositivo. Por fim, poder-se-á proceder ao melhoramento do *software* do Call-Center para garantir uma maior segurança e privacidade nas informações pessoais dos condutores e, quem sabe, aplicar mais opções úteis na página *Web*, como por exemplo eliminar uma inscrição mal realizada e visualizar no mapa o percurso mais rápido para o hospital mais próximo.

## Referências

- [1] ANSR, “Dados de Sinistralidade | ANSR.” [Online]. Available: <http://www.ansr.pt/Default.aspx?tabid=57>. [Accessed: 05-Sep-2014].
- [2] I. de S. de Portugal, “ISP - Parque automóvel seguro.” [Online]. Available: <http://www.isp.pt/NR/exeres/7D383D46-9431-416E-98C7-395B0A9E7080.htm>. [Accessed: 05-Sep-2014].
- [3] E. R. S. Observatory, “Annual Statistical Report 2012 - Based on data from CARE/EC from 2001 to 2010.” [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/pdf/statistics/dacota/dacota-3.5-asr-2012.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/dacota-3.5-asr-2012.pdf). [Accessed: 24-Apr-2014].
- [4] C. Europeia, “Tornar as estradas mais seguras para motorizadas e motocicletas - Comissão Europeia,” 2014. [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/topics/vehicles/motorcyclists-mopdedds/index\\_pt.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/motorcyclists-mopdedds/index_pt.htm). [Accessed: 07-Oct-2014].
- [5] “Serviço de chamadas de urgência automáticas (eCall).” [Online]. Available: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XRJZfWMe7-kJ:https://toad.eesc.europa.eu/viewdoc.aspx?doc=ces/int/int714/pt/ces5038-2013\\_00\\_00\\_tra\\_ac\\_pt.doc+%cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt&client=firefox-a](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XRJZfWMe7-kJ:https://toad.eesc.europa.eu/viewdoc.aspx?doc=ces/int/int714/pt/ces5038-2013_00_00_tra_ac_pt.doc+%cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=pt&client=firefox-a). [Accessed: 04-Oct-2014].
- [6] E. Commission, “eCall: Time saved = lives saved | Digital Agenda for Europe | European Commission.” [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/ecall-time-saved-lives-saved>. [Accessed: 04-Oct-2014].
- [7] ICEdot, “ICEdot | The Emergency Identification and Notification Service.” [Online]. Available: <http://crash-sensor.eu/story/>. [Accessed: 04-Oct-2014].
- [8] “icedot-crash-sensor-helmet.jpg (Imagem JPEG, 575x390 pixéis).” [Online]. Available: <http://trexrunner.com/wp-content/uploads/2013/12/icedot-crash-sensor-2.jpg>. [Accessed: 10-Oct-2014].
- [9] “icedot-crash-sensor-Phone.jpg (Imagem JPEG, 575x390 pixéis).” [Online]. Available: <http://webgets.files.wordpress.com/2013/02/icedot-crash-sensor-3.jpg?w=610>. [Accessed: 01-Oct-2014].
- [10] Yumpu, “C. SCHUBERTH RiderEcall.” [Online]. Available: <https://www.yumpu.com/fr/document/view/24382415/manual-schubertth/25>. [Accessed: 11-Aug-2014].
- [11] “Schubertth Rider-Ecall.” [Online]. Available: <http://www.youtube.com/watch?v=XIm1ucfs1o0>. [Accessed: 11-Aug-2014].
- [12] M. Moto, “Schubertth RiderEcall, el Ángel de la Guarda que te acompaña,” 2012. [Online]. Available: <http://www.motorpasionmoto.com/seguridad/schubertth-riderecall-el-angel-de-la-guarda-que-te-acompana>. [Accessed: 11-Aug-2014].

- [13] “System motorcycle-schuberth\_RiderEcall\_Front\_jpg\_resize\_1000x830\_\_type\_jpg.jpg (Imagem JPEG, 1000x777 pixéis) - Escala (77%).” [Online]. Available: [http://img.motorkari.cz/upload/images/cache/clanky/2012-12/23395/20121206115228-schuberth\\_RiderEcall\\_Front\\_jpg\\_resize\\_1000x830\\_\\_type\\_jpg.jpg](http://img.motorkari.cz/upload/images/cache/clanky/2012-12/23395/20121206115228-schuberth_RiderEcall_Front_jpg_resize_1000x830__type_jpg.jpg). [Accessed: 23-Jul-2014].
- [14] “helmet\_riderecall\_quelle-schuberth.jpg (Imagem JPEG, 620x413 pixéis).” [Online]. Available: [http://gazengrand.files.wordpress.com/2012/11/helmeinheit\\_riderecall\\_quelle-schuberth.jpg](http://gazengrand.files.wordpress.com/2012/11/helmeinheit_riderecall_quelle-schuberth.jpg). [Accessed: 10-Oct-2014].
- [15] 7-forum.com, “BMW Motorrad ConnectedRide. Innovationsträger Sicherheit.,” 2011. [Online]. Available: <http://www.7-forum.com/news/BMW-Motorrad-ConnectedRide-Innovationstr-4062.html>. [Accessed: 04-Oct-2014].
- [16] “bmw\_connectedride\_1.jpg (Imagem JPEG, 448x286 pixéis).” [Online]. Available: [http://www.tesztmotor.hu/images/stories/KT/bmw\\_connectedride/bmw\\_connectedride\\_1.jpg](http://www.tesztmotor.hu/images/stories/KT/bmw_connectedride/bmw_connectedride_1.jpg). [Accessed: 10-Oct-2014].
- [17] “Honda\_system.jpg (Imagem JPEG, 750x483 pixéis).” [Online]. Available: <http://i.kspg.co/2014/3/9656ec7d-dcd8-4471-a967-d00a907cdb13.jpg>. [Accessed: 10-Oct-2014].
- [18] P. S. Babu, “WIRELESS BLACK BOX REPORT FOR TRACKING OF ACCIDENTAL MONITORING IN VEHICLES,” vol. I, no. 2, pp. 46–52, 2013.
- [19] N. Condro, M. Li, and R. Chang, “MotoSafe : Active Safe System for Digital Forensics of Motorcycle Rider with Android,” vol. 2, no. 4, pp. 612–616, 2012.
- [20] F. Biral, R. Lot, R. Sartori, A. Borin, and B. Roessler, “An intelligent Frontal Collision Warning system for Motorcycles,” no. October, pp. 20–22, 2010.
- [21] E. Alecrim, “Tecnologia Bluetooth: o que é e como funciona?,” 2008. [Online]. Available: <http://www.infowester.com/bluetooth.php>. [Accessed: 26-Sep-2014].
- [22] Bluetooth, “A Look at the Basics of Bluetooth Technology.” [Online]. Available: <http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>. [Accessed: 26-Sep-2014].
- [23] ZigBee, “ZigBee Alliance - FAQ.” [Online]. Available: <http://www.zigbee.org/About/FAQ.aspx>. [Accessed: 26-Sep-2014].
- [24] N. Semiconductor, “nRF24L01+ - 2.4GHz RF - Products - Nordic Semiconductor.” [Online]. Available: <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P>. [Accessed: 28-Sep-2014].
- [25] ZTE, “GPRS Basic Principle.”
- [26] MotoGP, “The Lean Angle Experience.” [Online]. Available: <http://www.motogp.com/en/news/2013/The+Lean+Angle+Experience>. [Accessed: 02-Mar-2014].
- [27] “Lean\_Angle\_Comparison.jpg (Imagem JPEG, 736x407 pixéis).” [Online]. Available: <http://media-cache->

- ec0.pinimg.com/736x/4d/15/f6/4d15f6868733c1f263a69666bd4195ec.jpg. [Accessed: 02-Mar-2014].
- [28] P. Enhanced, F. Microcontrollers, and W. Technology, “Data Sheet Microcontrollers with 10-Bit A / D and nanoWatt Technology,” 2008.
- [29] H. Microcontrollers, *Data Sheet with XLP Technology*, vol. 18, no. L. 2012.
- [30] N. Center, “GPS Fully Operational Statement of 1995,” 2001. [Online]. Available: <http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=global>. [Accessed: 17-Feb-2014].
- [31] GPS.gov, “El Sistema de Posicionamiento Global.” [Online]. Available: <http://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>. [Accessed: 17-Feb-2014].
- [32] D. Sheet, “NEO-6.”
- [33] Olimex, “MOD-GSM.” [Online]. Available: <https://www.olimex.com/Products/Modules/RF/MOD-GSM/>. [Accessed: 05-Oct-2014].
- [34] “MOD-GSM .” [Online]. Available: [https://www.google.com/search?tbm=isch&tbs=simg:CAQSZRpjCxCo1NgEGgIICAwLELCMpwwgaPAo6CAISFO4NxAqTCe4Q8A2sDaET7BCKDdsYGiAKMlzlU00wVJ6BMH73v7kAd2yXl1pFFp\\_1nVYM34DIEhQwLEI6u\\_1ggaCgoICAESBCwyvB4M&sa=X&ei=l883VIaZOInUOfSvGLAD&ved=0CBoQwg4oAA&biw=1366&bih=606#facrc=\\_&imgdii=\\_&imgsrc=dFyusEl64H\\_QM%3A;T69eF7E1Bq2nIM;x-raw-image%3A%2F%2F81eb25c1baa05c741dfd10a9127128de6d22b8d90c06a672febb2cf432b26745;https%3A%2F%2Fwww.olimex.com%2FProducts%2FModules%2FRF%2FMOD-GSM%2Freso](https://www.google.com/search?tbm=isch&tbs=simg:CAQSZRpjCxCo1NgEGgIICAwLELCMpwwgaPAo6CAISFO4NxAqTCe4Q8A2sDaET7BCKDdsYGiAKMlzlU00wVJ6BMH73v7kAd2yXl1pFFp_1nVYM34DIEhQwLEI6u_1ggaCgoICAESBCwyvB4M&sa=X&ei=l883VIaZOInUOfSvGLAD&ved=0CBoQwg4oAA&biw=1366&bih=606#facrc=_&imgdii=_&imgsrc=dFyusEl64H_QM%3A;T69eF7E1Bq2nIM;x-raw-image%3A%2F%2F81eb25c1baa05c741dfd10a9127128de6d22b8d90c06a672febb2cf432b26745;https%3A%2F%2Fwww.olimex.com%2FProducts%2FModules%2FRF%2FMOD-GSM%2Freso). [Accessed: 10-Oct-2014].
- [35] “zte\_mf636\_3g\_usb\_stick23.jpg (Imagem JPEG, 650x650 pixéis) - Escala (93%).” [Online]. Available: [http://www.4gltemall.com/media/catalog/product/cache/1/image/650x650/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/z/t/zte\\_mf636\\_3g\\_usb\\_stick23.jpg](http://www.4gltemall.com/media/catalog/product/cache/1/image/650x650/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/z/t/zte_mf636_3g_usb_stick23.jpg). [Accessed: 10-Oct-2014].
- [36] ARDUINER, “US-020 ultrasonic ranging module.” [Online]. Available: <http://www.arduiner.com/en/ultrasuoni/1579-us-020-ultrasonic-ranging-module-5v-can-be-measured-7m.html>. [Accessed: 05-Oct-2014].
- [37] E. P. Ribeiro, “Princípio de Funcionamento do Acelerômetro.” [Online]. Available: <http://www.eletrica.ufpr.br/edu/Sensores/1999/joao/funcionamento.htm>. [Accessed: 05-Oct-2014].
- [38] A. Technologies, T. Effect, and T. Typical, “How they Work • Contents summary.”
- [39] B. Ave, D. Number, and R. Date, “MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification,” vol. 1, no. 408, 2013.
- [40] G. Developers, “Code Samples - Google Maps JavaScript API v3,” 2014. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/examples/>. [Accessed: 05-Oct-2014].

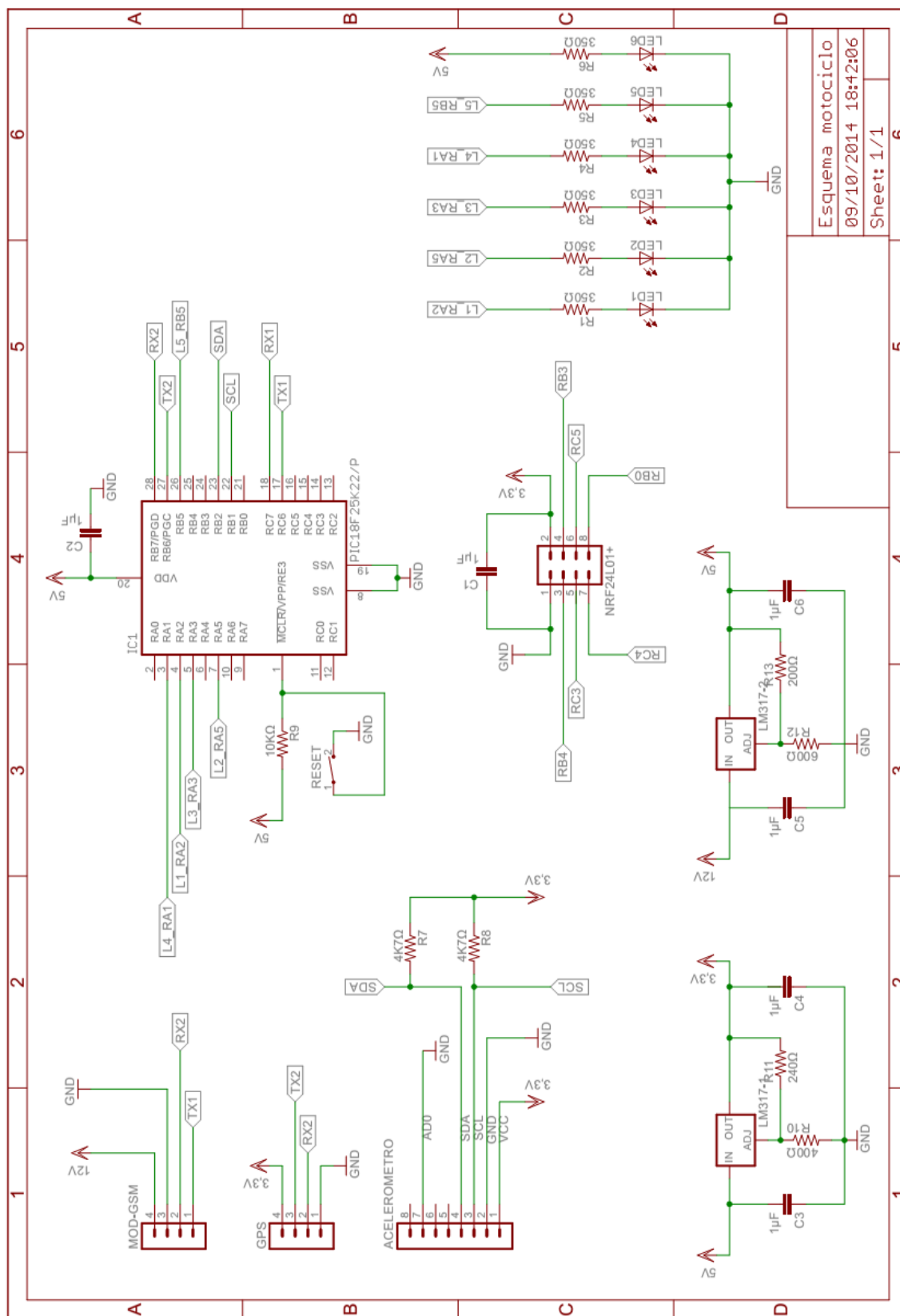




# ANEXOS

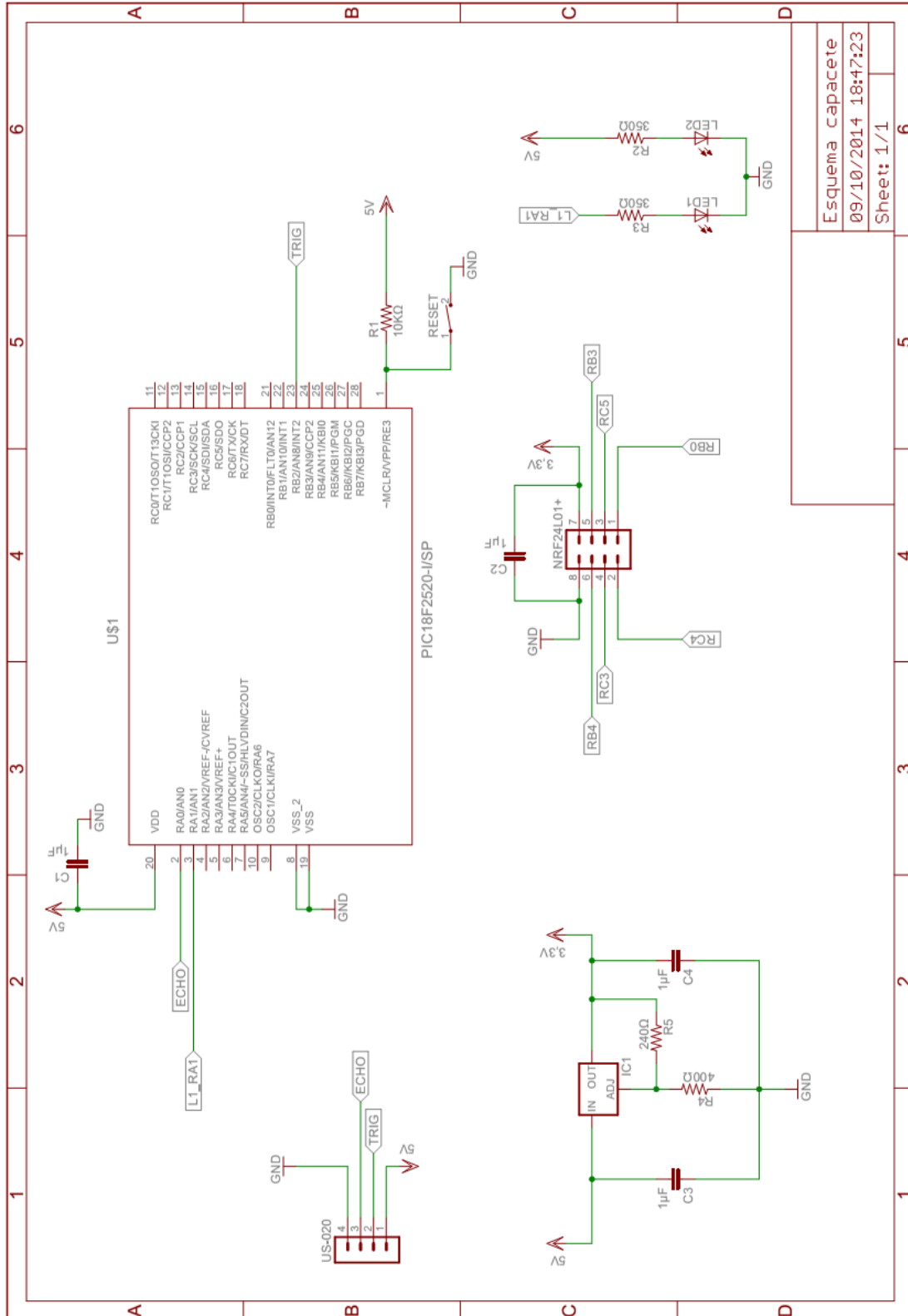


### Anexos 1 – Esquema elétrico do sistema do motociclo





Anexos 2 - Esquema elétrico do sistema do capacete



Esquema capacete  
09/10/2014 18:47:23  
Sheet: 1/1