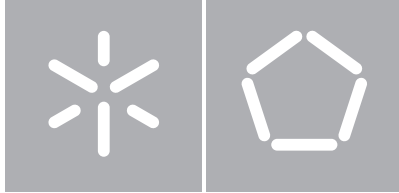




**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

João Duarte Machado Sarmiento  
Assessing Road Traffic Expression



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia  
Departamento de Informática

João Duarte Machado Sarmiento  
Assessing Road Traffic Expression

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Informática

Trabalho realizado sob orientação de  
Professor Cesar Analide  
Fábio Silva

Outubro 2014



# Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que me acompanharam no meu percurso acadêmico.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Cesar Analide e Fábio Silva pelo bom ambiente de trabalho, pelo constante acompanhamento, e por toda a disponibilidade em ajudar nas dificuldades encontradas e no debate de novas ideias. Obrigado a ambos.

Agradeço a todos os amigos de infância por todos os momentos do meu percurso escolar, que me permitiram chegar até aqui.

Agradeço a todos os amigos que criei na Universidade do Minho por todos os momentos de alegria e tristeza durante o percurso universitário, e por estarem presentes em todos os momentos necessários.

Agradeço à Tuna Universitária do Minho pelos momentos de festa, alegria, distração, companheirismo e camaradagem. Agradeço também todas as experiências que me foram proporcionadas, pois com elas adquiri diversas competências que contribuíram para a minha formação e para a pessoa que sou hoje. O meu muito obrigado.

Agradeço à minha família, aos meus avós, a todos os meus tios e a todos os meus primos por todo apoio que deram e pela presença nos momentos complicados na minha vida académica. Obrigado por sempre acreditarem e apostarem no meu sucesso.

Agradeço aos meus pais, Gualter e Manuela, e à minha irmã Leonor, que sempre me apoiaram e encorajaram a alcançar os meus sonhos e objetivos. Sem eles nada seria possível. Obrigado pela constante preocupação e interesse na minha vida académica e profissional.

Por fim, dedico este trabalho à minha avó Deolinda e ao meu primo Benjamin.

## *Resumo*

A utilização dos transportes rodoviários, nomeadamente o transporte rodoviário de pessoas, é um dos meios mais adoptados pela população para deslocação, tanto dentro da cidade como entre cidades. Como é sabido de senso comum, existem horas e percursos mais críticos. Estes, conseqüentemente, podem provocar desgastes ambientais e económicos tais como degradação do piso ou aumentos de consumos de combustível - que por sua vez aumentam as emissões de gases e também desgastes a nível pessoal, como mudanças de stress por estar no meio de um ambiente de trânsito intenso com possíveis horários a cumprir.

Este trabalho foca-se na recolha e na análise de dados através de dispositivos móveis como *Smartphones* de forma a obter dados e informação que permita tirar conclusões sobre perfis de condução, caracterização de vias, e partilha de informação.

*Palavras-chave:* Localização geográfica, Padrões de condução, Sustentabilidade



## *Abstract*

Roads and vehicular traffic are the most used travelling system by people so they can move in the city and between cities. As we know from common sense, there are some critical hours and routes. These can cause environmental and economic waste such as degradation of the pavement, and the increase of fuel consumption - which lead us to the increase of exhaust emissions. Also the stress caused by these critical factors can be a problem.

This study focus on gathering data from mobile devices, as smartphones and tablets, so we can obtain useful information to create driving pattern profiles, classify the road quality and share the information.

*Keywords: Geolocation, Driving patterns, Sustainability*

# Conteúdo

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Agradecimentos</b>  | <b>ii</b>   |
| <b>Resumo</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>Abstract</b>  | <b>v</b>    |
| <b>Lista de Figuras</b>  | <b>viii</b> |
| <b>Lista de Tabelas</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>Acronimos</b>   | <b>x</b>    |
| <b>1 Introdução</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1 Motivação . . . . .  | 2           |
| 1.2 Objectivos . . . . .   | 3           |
| 1.3 Plano de trabalho . . . . .                                  | 4           |
| 1.4 Metodologia de Investigação . . . . .                        | 6           |
| 1.5 Estrutura do documento . . . . .                             | 6           |
| <b>2 Estado da arte</b>  | <b>8</b>    |
| 2.1 Padrões de condução . . . . .                                | 8           |
| 2.2 Sensorização . . . . .                                       | 10          |
| 2.3 Sustentabilidade . . . . .                                   | 12          |
| 2.4 Projectos . . . . .  | 15          |
| 2.4.1 Estimating driving behavior by a smartphone . . . . .      | 15          |
| 2.4.2 Nericell . . . . .   | 16          |
| 2.4.3 Context-aware smart car: from model to prototype . . . . . | 16          |
| 2.4.4 Aplicações móveis . . . . .                                | 18          |
| 2.4.5 Discussão . . . . .  | 18          |
| <b>3 Trabalho desenvolvido</b>                                   | <b>20</b>   |
| 3.1 Aplicação móvel . . . . .                                    | 21          |
| 3.2 Servidor Web . . . . .                                       | 24          |
| 3.2.1 Serviço Web . . . . .                                      | 26          |
| 3.2.2 Base de Dados . . . . .                                    | 31          |
| 3.2.3 Phess Driving . . . . .                                    | 33          |



---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4 Perfil de Condução</b>                                 | <b>37</b> |
| 4.1 Pré-processamento . . . . .                             | 38        |
| 4.1.1 Identificação das acelerações e travagens . . . . .   | 39        |
| 4.1.2 Classificação das acelerações e travagens . . . . .   | 40        |
| 4.2 Discussão . . . . .                                     | 42        |
| <b>5 Análise de Resultados</b>                              | <b>43</b> |
| 5.1 Metodologia . . . . .                                   | 43        |
| 5.2 Distribuição da aplicação e recolha dos dados . . . . . | 44        |
| 5.3 Tratamento dos dados . . . . .                          | 44        |
| 5.4 Análise dos resultados . . . . .                        | 45        |
| 5.5 Discussão . . . . .                                     | 51        |
| <b>6 Conclusão</b>  | <b>52</b> |
| 6.1 Síntese do Trabalho . . . . .                           | 52        |
| 6.2 Trabalho Relevante . . . . .                            | 53        |
| 6.3 Trabalho Futuro . . . . .                               | 54        |
| <br>  |           |
| <b>A Modelo de Dados</b>                                    | <b>55</b> |
| <br>  |           |
| <b>Bibliografia</b>   | <b>57</b> |

# Lista de Figuras

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.1  | Preço do petróleo entre 1946-2014 [6]                             | 2  |
| 1.2  | Acidentes e vítimas segundo o mês [8]                             | 3  |
| 2.1  | Factores que afectam o consumo de energia e emissões de gases [1] | 9  |
| 2.2  | Componente da força gravitica num acelerómetro [20]               | 11 |
| 2.3  | Diagrama de Venn sobre as três dimensões da sustentabilidade [23] | 12 |
| 2.4  | Razões para utilização do sistema <i>Eco-driving</i> [25]         | 13 |
| 2.5  | Crescimento da população mundial [27]                             | 14 |
| 2.6  | Diagrama do sistema apresentado em [28]                           | 15 |
| 2.7  | Arquitectura de um carro inteligente. [29]                        | 17 |
| 3.1  | Arquitectura do sistema   | 20 |
| 3.2  | Esquema da aplicação móvel  | 21 |
| 3.3  | Amostras da interface da aplicação móvel                          | 23 |
| 3.4  | Exemplo do resultado de uma medição do acelerómetro               | 24 |
| 3.5  | Arquitectura de uma aplicação web                                 | 25 |
| 3.6  | Diagrama da arquitectura MVC                                      | 26 |
| 3.7  | Esquema comunicação Location <-> REST Server                      | 27 |
| 3.8  | Elementos integrantes da mensagem transmitida                     | 28 |
| 3.9  | Elementos que compõem o sistema                                   | 28 |
| 3.10 | Diagrama de actividade do processo de sincronização               | 30 |
| 3.11 | Diagrama de actividade do processamento dos dados no servidor     | 30 |
| 3.12 | Diagrama de actividade do registo de um utilizador                | 31 |
| 3.13 | Esquema conceptual da base de dados do serviço WEB                | 32 |
| 3.14 | Perfil do condutor  | 34 |
| 3.15 | Informação de uma viagem  | 35 |
| 4.1  | Árvore de decisão de identificação das acelerações e travagens    | 40 |
| 4.2  | Gráfico da variação da velocidade                                 | 41 |
| 5.1  | Número de viagens dos três sujeitos de teste                      | 46 |
| 5.2  | Tempo gasto em viagem pelos três sujeitos de teste                | 46 |
| 5.3  | Velocidade média dos sujeitos                                     | 47 |
| 5.4  | Acelerações médias por viagem dos sujeitos                        | 48 |
| 5.5  | Desacelerações médias por viagem dos sujeitos                     | 48 |
| 5.6  | Percentagens de acelerações dos três sujeitos                     | 49 |
| 5.7  | Percentagens de desacelerações dos três sujeitos                  | 50 |

# Lista de Tabelas

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 2.1 | Atributos relevantes à análise da condução de acordo com estudos anteriores | 10 |
| 4.1 | Tabela decisão de classificação . . . . .                                   | 41 |
| 5.1 | Número de viagens e tempo consumido . . . . .                               | 44 |
| 5.2 | Caracterização média das viagens . . . . .                                  | 45 |
| 5.3 | Viagens do Sujeito A . . . . .  | 47 |

# Acronimos

## A

**APP**      **A**plicação **M**óvel

## C

**CSV**      **C**omma **S**eparated **V**alue

## G

**GPS**      **G**lobal **P**ositioning **S**ystem

**GUI**      **G**raphical **U**ser **I**nterface

## I

**IMTT**      **I**nstituto da **M**obilidade e dos **T**ransportes

## M

**MVC**      **M**odel **V**iew **C**ontroller

## P

**PHES**      **P**eople **H**elp **E**nergy **S**avings and **S**ustainability

**PIB**      **P**roduto **I**nterno **B**ruto

**R**

**REST**    **R**epresentational **S**tate **T**ransfer

**S**

**SI**        **S**istemas **I**nteligentes

# Capítulo 1

## Introdução

Nos dias de hoje o planeta está a sofrer uma crise ecológica. Uma das causas desta crise, são as emissões de CO<sub>2</sub>. Para contornar este problema, as marcas automóveis estão a apostar em veículos ecológicos, mas, os condutores têm também um papel importante na contribuição da redução da emissão de gases através do seu tipo de condução. Um tipo de condução linear e constante reduz o consumo de combustível e conseqüentemente a libertação de gases [1, 2]. Com uma condução cuidada e em consideração com o ambiente, a redução do consumo de combustível tem também como consequência uma redução do custo na carteira do condutor.

Uma condução de risco não traz apenas desgastes ambientais. Tem também um impacto na segurança dos cidadãos. A sinistralidade nas estradas tem sido também um problema recorrente. A maior causa de morte infantil (55%) deve-se a ferimentos causados por acidentes [3]. Estudos demonstram também que o risco de ter um acidente está associado com a violação de regras de trânsito, comportamentos de risco, tal como excesso de velocidade, e hesitação nas decisões em plena condução [4]. Um tipo de condução controlado poderá trazer também uma maior segurança contribuindo para o bem estar dos condutores, reduzindo o stress que a condução agressiva por parte do próprio ou de terceiros possa desencadear, diminuindo também o risco de acidente.

Com o avanço tecnológico das últimas décadas, a população passou a ter acesso a diversas ferramentas e sistemas com uma maior facilidade, tal como acesso à internet e à utilização de sensores através de um simples dispositivo móvel. De forma a monitorizar o padrão de condução de cada indivíduo é utilizada a informação de sistemas sensoriais, tal como informação recolhida através de GPS e de um acelerómetro. Diferentes investigadores usaram *machine learning* para modelar e detectar padrões de condução [5].

Este projecto de dissertação visa perceber o comportamento do condutor enquanto ele conduz. Para isso, são utilizados sensores de um dispositivo móvel tais como acelerómetro, giroscópio, GPS, bússola; excluindo qualquer tipo de informação sensorial directa do automóvel, a título de exemplo temos: o consumo instantâneo e pressão dos pneus.

Com os sensores do dispositivo móvel conseguimos ter acesso a informações tal como a posição, velocidade, aceleração e desaceleração. A aplicação a ser desenvolvida é executada durante a condução, recolhendo os dados dos sensores, e enviando para um servidor central, para que os dados sejam processados e seja possível recolher informação útil, e detectar algum tipo de padrão de condução associado a um perfil de condutor.

## 1.1 Motivação

Como foi abordado na introdução do documento, existem diferentes factores que nos levaram a intrevir e querer contribuir para a prática de uma condução melhor. Sendo os principais factores a segurança dos cidadãos e o impacto ambiental, outras consequências derivam dessa intervenção. Como referido anteriormente, um tipo de condução sustentável é um tipo de condução capaz de reduzir o consumo de combustível tendo não só impactos ambientais, mas também impactos económicos.

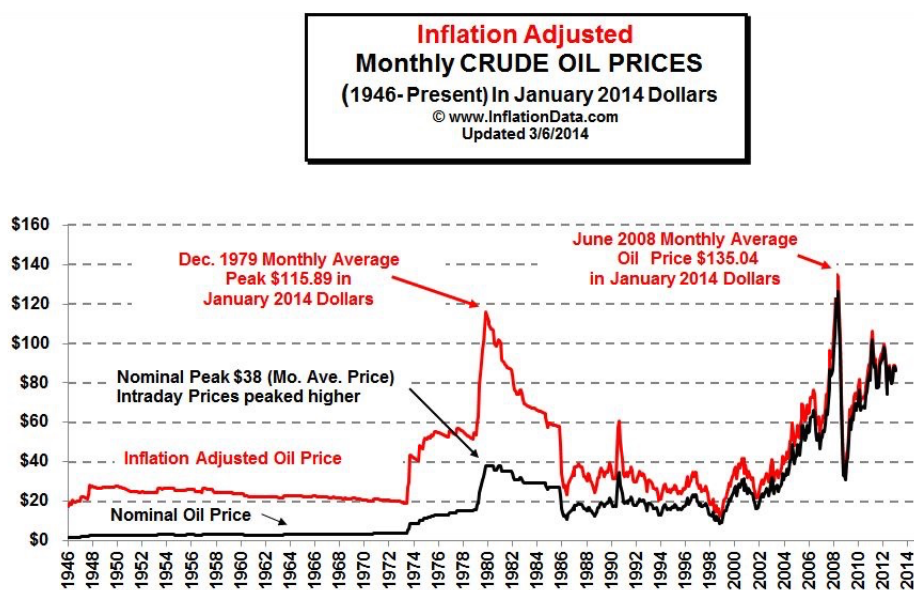


FIGURA 1.1: Preço do petróleo entre 1946-2014 [6]

Através da Figura 1.1 rapidamente concluímos que nos últimos anos o preço dos combustíveis tem vindo a aumentar [6]. Desta forma, uma condução cuidada, tem também influência nos gastos de cada condutor.

Não só o aumento do preço dos combustíveis mas também a sinistralidade nas estradas é um factor preocupante que tem vindo a aumentar. Como podemos verificar no relatório anual da autoridade nacional da segurança rodoviária [7], embora o número de acidentes com vítimas mortais tenha diminuído, o número de acidentes com vítimas foi maior em 2013 do que em 2012.

|              | Acidentes c/ vítimas |              | Vítimas mortais |            | Feridos graves |             | Feridos leves |              | Total de vítimas |              | Índice de gravidade |            |
|--------------|----------------------|--------------|-----------------|------------|----------------|-------------|---------------|--------------|------------------|--------------|---------------------|------------|
|              | 2012                 | 2013         | 2012            | 2013       | 2012           | 2013        | 2012          | 2013         | 2012             | 2013         | 2012                | 2013       |
| Jan          | 2446                 | 2368         | 57              | 71         | 147            | 146         | 2917          | 2835         | 3121             | 3052         | 2,3                 | 3,0        |
| Fev          | 2237                 | 1945         | 60              | 35         | 147            | 114         | 2627          | 2334         | 2834             | 2483         | 2,7                 | 1,8        |
| Mar          | 2376                 | 2372         | 52              | 47         | 156            | 108         | 2858          | 2918         | 3066             | 3073         | 2,2                 | 2,0        |
| Abr          | 2222                 | 2208         | 53              | 31         | 137            | 112         | 2714          | 2637         | 2904             | 2780         | 2,4                 | 1,4        |
| Mai          | 2421                 | 2526         | 66              | 47         | 172            | 152         | 2877          | 3113         | 3115             | 3312         | 2,7                 | 1,9        |
| Jun          | 2445                 | 2449         | 72              | 53         | 170            | 168         | 2882          | 2944         | 3124             | 3165         | 2,9                 | 2,2        |
| Jul          | 2711                 | 2770         | 71              | 48         | 185            | 195         | 3352          | 3404         | 3608             | 3647         | 2,6                 | 1,7        |
| Ago          | 2675                 | 2689         | 58              | 73         | 208            | 206         | 3412          | 3388         | 3678             | 3667         | 2,2                 | 2,7        |
| Set          | 2472                 | 2915         | 63              | 52         | 153            | 192         | 3049          | 3520         | 3265             | 3764         | 2,5                 | 1,8        |
| Out          | 2691                 | 2613         | 61              | 69         | 164            | 147         | 3186          | 3133         | 3411             | 3349         | 2,3                 | 2,6        |
| Nov          | 2545                 | 2594         | 48              | 49         | 135            | 190         | 3094          | 3051         | 3277             | 3290         | 1,9                 | 1,9        |
| Dez          | 2626                 | 2890         | 57              | 62         | 167            | 216         | 3196          | 3530         | 3420             | 3808         | 2,2                 | 2,1        |
| <b>TOTAL</b> | <b>29867</b>         | <b>30339</b> | <b>718</b>      | <b>637</b> | <b>1941</b>    | <b>1946</b> | <b>36164</b>  | <b>36807</b> | <b>38823</b>     | <b>39390</b> | <b>2,4</b>          | <b>2,1</b> |

FIGURA 1.2: Acidentes e vítimas segundo o mês [8]

Em 2013 registaram-se 30.339 acidentes com vítimas, de que resultaram 518 mortes que ocorreram no local do acidente ou durante o transporte até à unidade de saúde e 2.054 feridos graves. Em relação a 2012, observou-se um aumento de 1.6% (+472) acidentes com vítimas e uma redução de 9.6% (-55) vítimas mortais e 0.3% (-6) feridos graves [8].

Este trabalho foca-se na criação de perfis de condutor, na respectiva classificação dos tipos de condução e o impacto que têm para o ambiente, as estradas e para o bem estar e segurança dos cidadãos. Desta forma, os condutores poderão ficar mais alertados para os problemas associados a conduções excessivamente agressivas ou passivas e consequentemente terem atenção ao tipo de condução que exercem. Embora plataformas sociais como WAZE [9] contribuam para a recolha de informação sobre o estado do trânsito, essa informação é fornecida pelo utilizador e não recolhida de forma autónoma, não recolhendo qualquer tipo de informação sobre os comportamentos de condução dos utilizadores. Este sistema é uma oportunidade para a construção de sistemas ubíquos que possam derivar deste trabalho, podendo vir a melhorar a qualidade do nosso transporte.

## 1.2 Objectivos

Sendo a nossa motivação a vontade de contribuir para o bem estar da população e para a segurança rodoviária, pretendemos criar um sistema que seja capaz de efectuar um perfil de cada condutor. Isto é, com o auxílio de informação sensorial recolhida através



de sensores de um dispositivo móvel, pretendemos analisar e classificar comportamentos de condução e classificar as vias como sustentáveis ou não.

A recolha de dados é feita através de uma aplicação desenvolvida para um dispositivo móvel, por exemplo um smartphone, com o objectivo de captar a informação sensorial, sincronizando-a com um servidor web.

Os dados recolhidos e sincronizados com o servidor, são então processados de forma a recolher e concluir informação útil para análise. Esta análise tem como objectivo traçar perfis de condução, classificar as vias e a sustentabilidade relacionada com o tráfego automóvel.

Assim temos os seguintes sub-objectivos:

1. A recolha de dados sensoriais através de um dispositivo móvel.

Este sub-objectivo consiste em recolher os dados de sensores do dispositivo móvel em tempo real, durante uma viagem.

2. A sincronização de dados num servidor web e a respectiva criação de perfis.

Após a recolha dos dados do sensor, os dados deverão ser enviados para um servidor web. Nesse servidor e com a utilização dos dados recolhidos, pretende-se criar a noção de perfis. Cada utilizador deverá estar associado a um perfil de modo a ser possível caracterizar o seu tipo de condução.

3. Fornecimento de informação ao utilizador deduzida pelo processamento de dados.

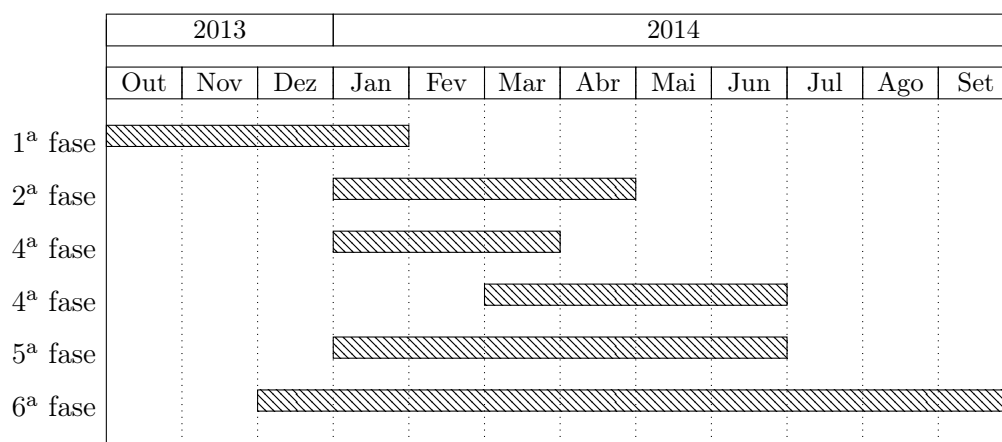
A capacidade de mostrar na aplicação web do utilizador, informações relevantes sobre o seu perfil de condução.

Cumprindo os sub-objectivos acima definidos, temos reunidas condições para construir um perfil de cada condutor, e conseqüentemente utilizar cada perfil para efectuar uma análise geral de cada condutor, comparações entre diferentes condutores através dos seus respectivos perfis, e classificar as vias tendo em conta o tipo de condução praticada pelos condutores que frequentam cada zona.

### **1.3 Plano de trabalho**

Durante uma fase inicial do trabalho, foi efectuada um levantamento do estado da arte e uma análise dos casos de estudo onde sucederam a aplicação de técnicas de navegação de GPS, estudos de comportamento e sustentabilidade, e de padrões de condução. A

informação recolhida no levantamento do estado da arte, mostra-nos que a classificação é possível através dos dados recolhidos por um acelerómetro de um smartphone. Foi então delineado um plano de trabalho para nos ajudar a perceber as diferentes fases do trabalho e gestão do tempo.



Como podemos ver no diagrama de gantt o trabalho foi dividido em cinco fases:

1. **Levantamento do estado da arte** Esta fase corresponde a um estudo das áreas que este tema aborda, e a recolha de estudos e de literatura relevante para o trabalho.
2. **Análise e concepção de uma solução** A segunda fase do trabalho corresponde à modelação e concepção de uma solução para o projecto, tendo em conta os estudos recolhidos na primeira fase.
3. **Escrita de artigo científico** A escrita de um artigo científico é também uma etapa a considerar, de modo a enriquecer a contribuição e também ajudar na divulgação deste trabalho.
4. **Desenvolvimento do sistema** Esta etapa consiste no desenvolvimento das aplicações necessárias para dar suporte à investigação e ao trabalho. Ou seja, desenvolver um sistema para recolher e observar os resultados.
5. **Recolha e análise de testes** Ao longo desta fase são recolhidos e analisados dados de testes para perceber a validade dos mesmos e se correspondem ao esperado com o desenvolvimento deste trabalho.
6. **Escrita da dissertação e divulgação científica** Esta etapa é feita em paralelo com todas as outras, e corresponde à escrita deste documento da dissertação.

Cada uma das fases apresentadas tem um desempenho importante no desenvolvimento desta dissertação. No entanto, o levantamento do estado da arte e a análise e concepção

apesar de serem as duas etapas iniciais, estão relacionadas e são relevantes para o projecto. É preciso ter conhecimento dos estudos e projectos feitos anteriormente na área, de modo a que a solução que apresentamos tenha suporte científico mas que ao mesmo tempo contribua com algo diferente que os trabalhos feitos anteriormente não abordaram.

## 1.4 Metodologia de Investigação

O método adoptado para o desenvolvimento desta dissertação foi o método de *action-research* ou pesquisa-acção, que consiste na identificação de um problema de forma a poder ser melhor especificado e analisado de forma contínua. Isto é, após identificarmos o problema, devemos efectuar uma pesquisa bibliográfica e coleccionar informação dessa literatura, para fazermos uma abordagem ao problema e elaborar uma possível solução. De seguida, essa solução é desenvolvida, e os resultados provenientes dessa solução são recolhidos. O método *action-research* é um método iterativo, ou seja, após a análise dos dados recolhidos, os mesmos são utilizados para o desenvolvimento de uma versão melhorada da solução, que irá produzir novos resultados para serem analisados. [10, 11]

Assim, com este método de investigação, podemos desenvolver os recursos necessários à prossecução dos objetivos definidos, ao mesmo tempo que melhoramos as soluções/aproximações alcançadas.

## 1.5 Estrutura do documento

Este documento está dividido em seis capítulos, em que neste primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema e trabalho desenvolvido, assim como a motivação que nos levou a trabalhar abordar o tema, metodologia adoptada e uma calendarização do plano de trabalho que foi seguido.

No segundo capítulo é feita uma avaliação ao estado da arte, e uma abordagem às áreas que esta dissertação engloba, como sustentabilidade, padrões de condução, e sensorização. Em cada uma das secções é feita uma introdução respectiva, e de que forma o tema se relaciona com o nosso projecto de dissertação, assim como outros projectos desenvolvidos que possam ajudar ao desenvolvimento de uma solução.

O terceiro capítulo corresponde à fase de desenvolvimento do sistema criado para a recolha de resultados. É feita uma introdução às tecnologias utilizadas no desenvolvimento e uma amostra ao resultado final.

No quarto capítulo é feita uma descrição da definição de perfil de condução. Explica-se o que é um perfil de condução, como foi definido no nosso trabalho, qual a sua relevância no projecto e a sua finalidade.

O quinto capítulo é dedicado ao processo de recolha e análise dos resultados obtidos através do sistema desenvolvido. É feita uma referência à metodologia adoptada, uma explicação de como os dados foram tratados e a sua transformação, e por fim é feita uma análise e uma discussão desses resultados.

Por fim, no sexto capítulo fazemos uma síntese e revisão de todo o trabalho efectuado e dos resultados obtidos. Além disso, é feita uma observação do trabalho futuro que poderá ser desenvolvido de modo a melhorar o trabalho até aqui efectuado.

## Capítulo 2

# Estado da arte

O capítulo que se segue apresenta uma análise do trabalho relacionado com o tema desta dissertação. Assim, são abordadas as matérias existente sobre padrões de condução, sensores, sustentabilidade e algumas referências a trabalhos relacionados.

### 2.1 Padrões de condução

Como iremos verificar na secção 2.3, as marcas automóveis estão a investir em sistemas *Eco-driving*, mas não só as marcas, os automobilistas devem também ter um comportamento sustentável na sua condução, tendo em quanta a sua própria segurança, como também para a dos terceiros, e além disso, a saúde do planeta. É sabido que o tipo de condução que um automobilista tem, afecta o consumo de combustível e consequentemente a emissão de gases [12].

O padrão de condução é normalmente associado ao perfil de velocidade do condutor [13–15], mas tem também outras variáveis influenciáveis, tal como as mudanças na caixa de velocidades, e oxilações na aceleração [1].

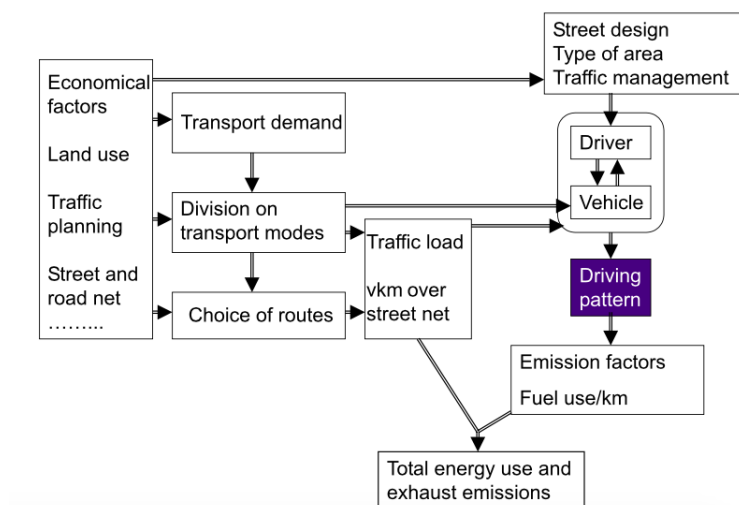


FIGURA 2.1: Factores que afectam o consumo de energia e emissões de gases [1]

Em 1978 Kuhler e Karstens [16] introduziram um conjunto de dez parâmetros para identificar padrões de condução. Em 1996, André [17] reviu esses parâmetros e descobriu que os parâmetros mais comuns são a duração, velocidade média, desvio padrão da aceleração, energia cinética positiva, período de inatividade, número de paragens por quilómetro, velocidade efectiva (excluindo paragens), valores médios de velocidade, aceleração e desaceleração duração média do período de funcionamento, número de acelerações e deslerrações na caixa de velocidades e distribuição conjuntiva e relativa da velocidade.

Noutros estudos [1, 18], outros parâmetros foram utilizados para coleccionar dados de condutores ordinários num ambiente de tráfego comum, tal como a rotação das rodas, velocidade do motor, temperatura ambiente, utilização dos travões, consumo de combustível. Nestes estudos, os dados do GPS são também utilizados na ferramenta, onde cada padrão de condução foi relacionado com o tipo da estrada, função da estrada, largura da estrada, fluxo de tráfego, e códigos para a identificação do tipo da localidade (central, semi-central, periferia). Concluiu-se que o tipo da estrada foi o factor com maior influência no padrão de condução. Da análise dos 62 atributos primários, resultaram 16 factores de padrões de condução independentes, cada um descrevendo uma dimensão do padrão de condução. Quando analisado o efeito desses factores no consumo de combustível e emissão de gases, descobriu-se que 9 deles têm uma influência importante.

| Atributo                    | Ericsson[18] | Kuhler e Karstens[16] | Nericell[19] |
|-----------------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| Rotação das rodas           | +            | +                     | -            |
| RPM do Motor                | +            | +                     | -            |
| Monitorização dos pedais    | +            | +                     | -            |
| Tipo da estrada             | +            | +                     | +            |
| Consumo de combustível      | +            | +                     | +            |
| Velocidade                  | +            | +                     | +            |
| Aceleração                  | +            | +                     | +            |
| Desvio padrão da aceleração | +            | +                     | +            |
| Duração da viagem           | +            | +                     | +            |
| Hora do dia                 | +            | +                     | +            |

TABELA 2.1: Atributos relevantes à análise da condução de acordo com estudos anteriores

A tabela demonstra uma análise dos atributos principais identificados em estudos relacionados com a identificação de padrões de condução. Como podemos ver, grande parte dos atributos são partilhados pelos diferentes autores com a excepção da rotação das rodas, rotação do motor e a monitorização dos pedais, que são obtidos directamente do veículo.

Este projecto de dissertação pretende alcançar os objectivos de forma a não utilizar informação proveniente do automóvel, mas sim detectando de forma ubíqua e subtil o estilo de condução, através de dispositivos móveis e sem interacção do utilizador.

## 2.2 Sensorização

Num contexto genérico, um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo para reunir informações sobre o ambiente a ser medido. Neste trabalho, são utilizados dispositivos que respondem às mudanças de direcção e diferenças de aceleração, como: GPS, bússolas, giróscopios e acelerómetros.

Com o avanço tecnológico dos smartphones e outros dispositivos móveis (como tablets), a necessidade de um teclado e de um rato para a interacção com um sistema (por exemplo para jogar) deixou de ser obrigatória. Grande parte dos smartphones vêm equipados com sensores tal como os referidos acelerómetros, giróscopios. Estes dispositivos permitem à aplicação detectar movimentos. No caso do acelerómetro, serve para medir a taxa da variação de velocidade em relação a uma direcção. Assim, temos a informação de três valores da aceleração numa forma canónica: no eixo do X, Y e Z. No entanto, estes valores excluem a influência da força da gravidade.[20]

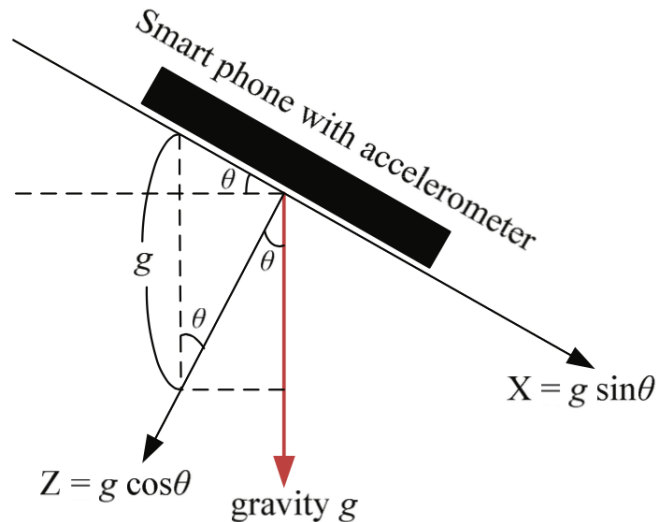


FIGURA 2.2: Componente da força gravitica num acelerómetro [20]

Desta forma, caso não exista acesso a um valor da aceleração linear, temos que ter em conta o valor da influência da força da gravidade.

No entanto, por si só, a informação destes dispositivos é pouco útil para conhecimento. Os sensores têm como função recolher dados que sujeitos a um processamento geram informação. Para obter obter informação útil, é necessário construir uma rede sensorial. Um sistema com vários sensores pode ser utilizado para fornecer mais informação e robustez, isto porque existe a obtenção de um maior número de resultados, mais informação, e conseqüentemente uma diminuição do erro [21].

Esta rede sensorial permite comunicação e troca de informação. Para que exista essa comunicação, a rede deverá seguir uma arquitectura composta pela sua infra-estrutura que contém os sensores (dispositivo móvel) e um protocolo de aplicação e rede. O protocolo de aplicação e de rede, é responsável pela recolha da informação dos sensores, e pela comunicação com um servidor central, que tem como papel, registar os dados recolhidos para uma possível classificação e identificação de padrões de condução. A este processo, chamamos fusão sensorial e classificação.

A fusão sensorial é a combinação de dados recolhidos ou derivados de sensores, de fontes diversificadas, de modo a que o conhecimento resultante seja melhor do que o tratamento individual desses dados. De modo a que os dados recolhidos dos diferentes sensores seja fundida, é necessário adoptar uma estratégia de fusão. A teoria Bayesiana é tradicionalmente adoptada como estratégia de fusão.

O processo de classificação tem como objectivo associar cada objecto numa classe. Com a classificação passamos a ter os dados organizados e categorizados.



No nosso projecto de dissertação pretendemos tirar partido dos dados que os sensores nos fornecem, de forma a gerarmos informação sobre cada indivíduo, para que seja possível efectuar um processo de classificação da sua condução, estruturando um perfil de condução associado a cada condutor.

## 2.3 Sustentabilidade

Devido à importância da sustentabilidade, vários autores já escreveram sobre o assunto, e criaram modelos e métodos para quantificar a sustentabilidade [22, 23]. Grande parte das pessoas pensam que a sustentabilidade está somente relacionada com o ambiente e a saúde do planeta, mas de acordo com estes autores, existem três dimensões da sustentabilidade com uma interdependência: económica, social e ambiental. Para que se alcance um estado sustentável do planeta, estas três dimensões deverão estar em equilíbrio.

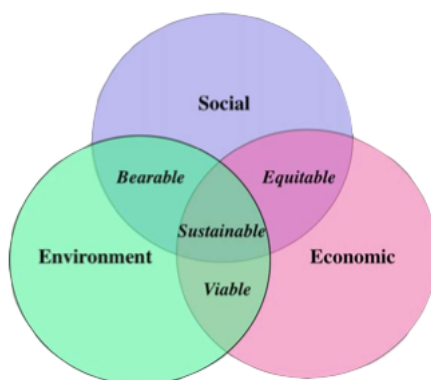


FIGURA 2.3: Diagrama de Venn sobre as três dimensões da sustentabilidade [23]

Nos dias de hoje estamos a enfrentar uma crise ambiental. Como a sustentabilidade está também relacionada com a boa saúde do nosso planeta, o conceito de sustentabilidade faz cada vez mais parte do nosso dia-a-dia, e os comportamentos sustentáveis são indispensáveis para prevenir o agravamento desta crise. As soluções para a mudança climática e a criação de um mundo duradouro são da responsabilidade de cada indivíduo. Enquanto a instalação de tanques de água da chuva, painéis solares, entre outros, são um bom começo, precisamos de alterar radicalmente a forma como utilizamos os nossos recursos mais preciosos, de forma a que as futuras gerações possam desfrutar da riqueza e qualidade de vida que tivemos até agora.

A atmosfera do planeta contém uma camada de gases, que cria um efeito de estufa, com a função de regular a quantidade de calor emitida pelo sol que o planeta absorve. Nos últimos anos, este efeito de estufa tem vindo a sofrer enormes alterações devido a comportamentos humanos. Uma das maiores causas desta crise ambiental apareceu com

a revolução industrial, e o consumo de um combustível fóssil limitado, o petróleo, e as suas emissões de gases CO<sub>2</sub>.

A República da Coreia é o 9º maior emissor de gases CO<sub>2</sub> para a atmosfera, do mundo [24]. Algumas marcas automóveis, tal como a KIA estão a investir num sistema *Eco-driving* para reduzir o consumo de combustível e assim reduzir as emissões de gases poluidores. Alguns autores fizeram um estudo sobre esses sistemas, para entender quanto combustível é possível poupar, o grau de satisfação dos utilizadores e algumas razões para a sua utilização e formas a melhorar o sistema [25].

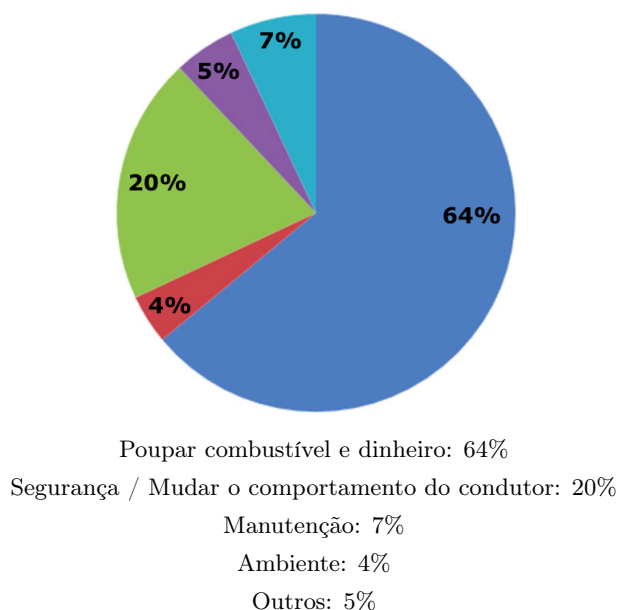


FIGURA 2.4: Razões para utilização do sistema *Eco-driving* [25]

Como referido anteriormente, as três dimensões da sustentabilidade são dependentes, pelo que, relacionada com o factor ambiental, está também o factor social, e a vasta emissão de gases deve-se também à superpopulação. A superpopulação é uma condição onde o número de organismos excede a capacidade de carga do seu habitat. De acordo com SUSPS - Support US Population Stabilization [26] 77 milhões de pessoas nascem todos os anos e a população mundial quadruplicou no último século - de 1.6 mil milhões para 7 mil milhões.[27]

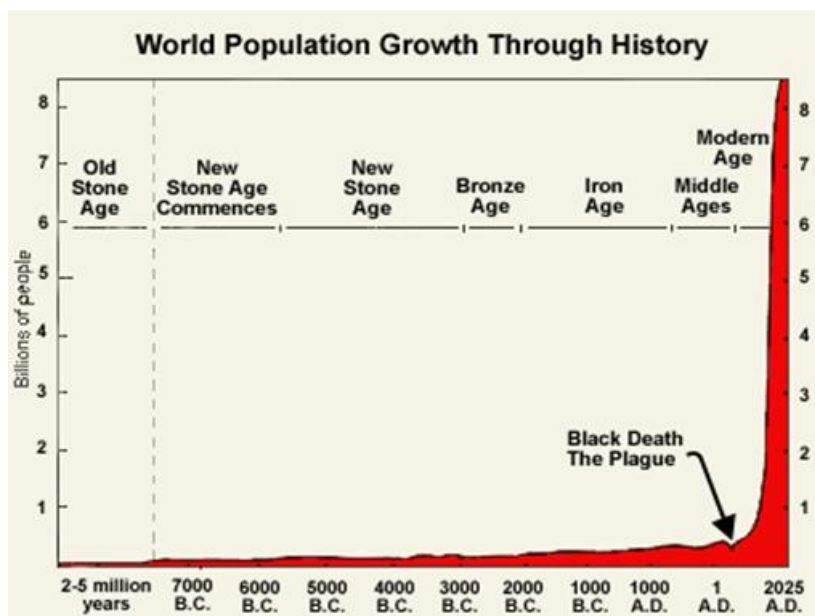


FIGURA 2.5: Crescimento da população mundial [27]

O planeta é um sistema que funciona ciclicamente e com recursos limitados. Por isso, a capacidade de carga ou o número de pessoas que pode ele suportar é limitado. Mais pessoas no planeta significa mais recursos alimentares, eléctricos, água, alojamento, veículos. Se esses recursos não forem geridos com cuidado, irão aumentar as degradações de solo, aumentar o efeito de estufa, lixo e poluição, doenças e até mesmo extinção de espécies.

Como podemos ver na figura 2.4, a principal razão para a utilização de um sistema *eco-driving* é a poupança de combustível e dinheiro. As sociedades de alto consumo são baseadas em economias capitalistas com base na produção, venda e consumo de produtos. O sucesso é medido pelo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). Como referido nesta secção, os seres vivos requerem alimentação, e energia. A economia é, portanto, dependente dos recursos natural do planeta.

Temos então a relação entre as três dimensões da sustentabilidade. Podemos concluir que factores como a pobreza, altas taxas de desemprego, baixa educação, baixa qualidade de serviços de saúde, discriminação (racial, religiosa), informação e comunicação restrita, baixa segurança (alta criminalidade), corrupção, má gestão financeira, altos níveis de emissão de gases e poluição, são não sustentáveis à sobrevivência do país e causam um grande desequilíbrio entre as três dimensões da sustentabilidade.

## 2.4 Projectos

Nesta secção iremos abordar alguns trabalhos e investigações relacionados com o tema estudado nesta dissertação e fazer uma análise sobre cada um dos trabalhos referidos.

### 2.4.1 Estimating driving behavior by a smartphone

H. Eren, S. Makinist, E. Akin, A. Yilmaz [28], apresentam uma proposta e alguns conceitos sobre o assunto estudado nesta dissertação. Tal como neste projecto de dissertação, os autores pretendem fazer uma avaliação da condução utilizando apenas informação obtida do smartphone, externa à informação fornecida directamente do veículo. Este sistema é direccionado à detecção de conduções de risco, geradas por sonolência ou violações das regras de tráfego.

Como podemos ver na seguinte figura, o primeiro passo dessa proposta é filtrar os dados recolhidos através de um *Smoothing Algorithm*. De seguida é aplicado mais um filtro para estimar o alcance temporal em busca de eventos importantes. Passando depois por um classificador Bayesiano, é identificado o comportamento como arriscado ou seguro.

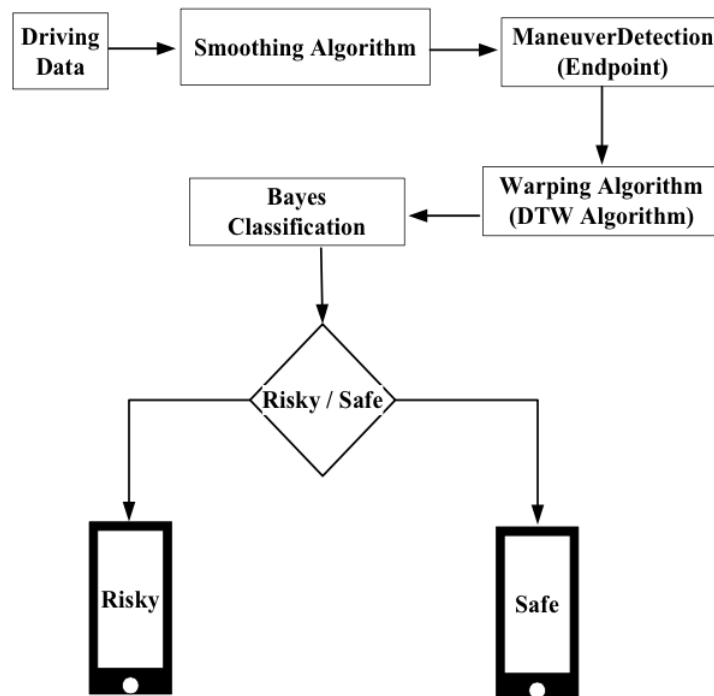


FIGURA 2.6: Diagrama do sistema apresentado em [28]

Com este trabalho, os autores testaram 15 condutores, pelo que obtiveram um resultado positivo em 14 dos 15 estudados utilizando a classificação Bayesiana, isto é, a avaliação

à condução como segura/perigosa, feita pelo sistema, foi correcta em 14 dos 15 sujeitos de teste.

### 2.4.2 Nericell

De forma monitorizar o tráfego e as condições das vias, Mohan P., Padmanabhan V. N. e Ramjee R. apresentaram o Nericell [19] (trocadilho com a palavra Nerisal que significa “congestionamento” em Tamil). Este projecto utiliza o smartphone como ferramenta de sensorização. Sensores como acelerómetro, GPS, microfone e camara, recolhem informação e envia-a por um protocolo de comunicação (ex: GPRS, UMTS) para um servidor para agregação dos dados.

Grande parte da fase de testes e recolha dos dados ocorreu em Bangalore, na Índia. Durante várias semanas foram recolhidas informação de sinal de GPS, acelerómetro e potência da rede GSM. O objectivo é recolher dados para detectar a condição do tráfego e das classificações vias, tal como detecção de travagens, identificação de actividades de “pára-arranca”, buracos na estrada, e detecção de ruído para casos de congestionamento, como buzinas.

Para efeitos de resultados, algumas secções das vias foram escolhidas propositadamente pela existência de buracos, ou lombas, de forma a analisar o comportamento dos sensores nessas situações. Na identificação de lomba ou buraco na estrada, os autores conseguiram obter resultados com uma baixa taxa de falsos positivos (inferior a 10%), mas não conseguiram ir para além dos 20-30% em falsos negativos.

Os autores apresentam também algumas técnicas para reorientar virtualmente um acelerómetro desorientado, e de como utilizar os sensores de modo a desencadear actividade noutros, para poupança de energia do dispositivo.

### 2.4.3 Context-aware smart car: from model to prototype

No domínio da condução, Jie Sun, Zhao-hui Wu e Gang Pan [29] propõem um sistema ubíquo para um veículo inteligente. A sua arquitectura é composta por múltiplos sensores, módulos de controlo, e actuadores. O veículo inteligente é capaz de monitorizar o ambiente de condução, avaliar possíveis casos de risco, e ter a iniciativa de actuar de modo a evitar ou reduzir a possibilidade de risco.

Como já referido, algumas características do sistema apresentado são a monitorização do tráfego, do condutor, avaliação de possíveis casos de risco. Essas características e as suas relações são representadas na figura 2.7.

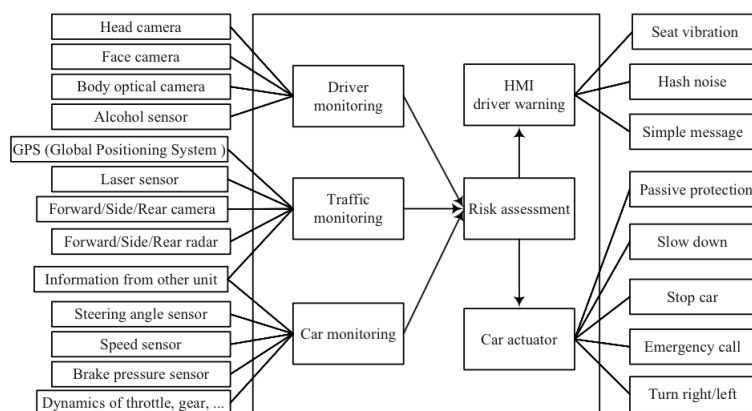


FIGURA 2.7: Arquitetura de um carro inteligente. [29]

A monitorização do tráfego utiliza tecnologias de análise para reconhecer a distância entre o carro e os outros veículos, tal como ambientes de sensorização, radares de detecção de luz e distância (*lidar-radar*), para detectar a distância e velocidade dos objectos, múltiplas câmaras para evitar pontos de visão morta e reconhecer obstáculos.

A monitorização do condutor é das mais importantes, se não a mais importante, quase 95% dos acidentes ocorrem devido a erro humano [30]. Os carros inteligentes são uma potencial solução a assistir os condutores de forma a aumentar a sua atenção e reduzir o erro. Através da monitorização por câmaras apontadas à actividade do condutor, os carros inteligentes focam-se em prender a atenção do condutor na estrada. Além das câmaras, são também utilizados sensores fisiológicos para detectar se o condutor está em boas condições.

Entre outros sistemas de monitorização do ambiente em redor e a definição de ontologias de contexto, os autores de *Context-aware smart car* contribuíram com uma arquitectura de um sistema para um carro inteligente, um modelo de contexto de três camadas, o que pode representar um ambiente de condução, e ainda um protótipo de um carro inteligente, com software e hardware incluídos.

Cerca de 20 condutores voluntariaram-se para cobaias do sistema. Cada sujeito fez uma viagem com uma duração de hora e meia, com uma velocidade média de cerca de 60km/h. De forma a perceber o impacto que terceiros têm na condução, cada sujeito efectuou 15 viagens com um passageiro, e 15 viagens sozinho. Nas viagens acompanhado, era permitida a interacção com o passageiro. O passageiro podia também fazer outras actividades, a título de exemplo: falar ao telefone, comer, beber.

Os autores conseguiram tempos de actuação do sistema de 1.4 segundos para uma pessoa, e de 1.6 com duas pessoas (condutor e um passageiro). Embora os autores considerem que estes tempos são aceitáveis em situações não críticas, admitem que em situações

de evitação colisões os tempos de actuação do sistema, têm que ser inevitavelmente reduzidos.

#### 2.4.4 Aplicações móveis

Na vasta oferta de aplicações fornecidas pelas lojas das mais diversas marcas de dispositivos móveis, pode-se encontrar algumas aplicações interessantes e relacionadas com o assunto abordado por este trabalho.

Uma das aplicações que podemos encontrar é a *Fuel Monitor* [31]. Esta aplicação fornece ao utilizador conhecimento do consumo de combustível e custos monetários em tempo real, durante as suas viagens, introduzindo alguma informação sobre o veículo (tal como o consumo de combustível a cada 100km e o preço por litro). Esta aplicação tem alguns conceitos de sustentabilidade pelo que apresenta na sua *interface* um indicador verde, amarelo ou vermelho, de acordo com o consumo de combustível; que é uma das variáveis referidas por diversos autores na secção sobre padrões de condução.

Outra aplicação interessante é a *WAZE* [9]. Esta aplicação construída por israelitas foi recentemente adquirida pela Google. Ao contrário do google maps, nesta aplicação existe uma comunidade de utilizadores. Através do GPS a localização é mapeada na aplicação, e, com a contribuição de outros utilizadores pertencente à comunidade, temos acesso a variadas informações como por exemplo: o estado do trânsito, estradas bloqueadas, presença de brigadas de trânsito.

#### 2.4.5 Discussão

Como vimos, existem projectos relacionados com o tema que se está a estudar, que podem ajudar a fundamentar este trabalho. Mohan P., Padmanabhan V. N. e Ramjee R. apresentaram o Nericell [19] onde temos sobretudo a classificação de vias, no entanto, este projecto serve unicamente para mapear as condições das vias, e identificar períodos de situações caóticas, sem coleccionar informações sobre os condutores, que pretendemos obter com este projecto.

H. Eren, S. Makinist, E. Akin, A. Yilmaz [28] apresentam um sistema capaz de classificar, como arriscado ou seguro, comportamentos de condução. Este projecto será o mais idêntico com o trabalho desenvolvido, no entanto, essas classificações são feitas momentaneamente e não é utilizada para guardar um histórico do utilizador associado a um perfil. No nosso trabalho, pretendemos que a classificação de comportamentos de risco/seguros sejam utilizados para efectuar um perfil do condutor.

Por fim, Jie Sun, Zhao-hui Wu e Gang Pan [29] apresentam um sistema ubíquo consciente do ambiente em seu redor, incluindo o estado do condutor. Este projecto está inclinado ao suporte do condutor, e não à classificação e identificação de perfis de condução. No entanto, é um sistema interessante, que está relacionado, tendo em conta a utilização de ferramentas de sensorização, onde os autores sugerem uma arquitectura para um *smart car*, apresentando também um protótipo incluindo o software desenvolvido e hardware utilizado.

A nível aplicacional temos o WAZE [9] que com fornece variadas informações sobre as condições das vias, trabalhos momentâneos; e o FuelMonitor[31] que fornece indicações sobre o consumo de combustível em tempo real. No entanto, estas aplicações são alimentadas da informação fornecida e introduzida manualmente pelos utilizadores. O nosso trabalho pretende que informações como o estilo de condução de cada utilizador, a classificação do ambiente em seu redor, nomeadamente as condições das vias, e informação de trânsito, sejam feitas de forma automática e ubíqua, sem a interacção dos utilizadores.



## Capítulo 3

# Trabalho desenvolvido

Este projecto de dissertação enquadra-se no projecto PHESS - People Help Energy Savings and Sustainability a ser desenvolvido no ISLab na Universidade do Minho. Este projecto tem como objectivo criar uma plataforma suportada por técnicas de inteligência artificial para que se reduza o desperdício de energia e recursos [32–35].

O tema desta dissertação debruça-se sobre padrões de condução, classificação de vias, sustentabilidade relacionada com o tráfego automóvel e bem estar dos condutores.

A análise dos padrões de condução é feita com a definição de perfis. Cada perfil está associado a um único condutor e a informação é guardada num servidor web. A fonte da recolha de informação é feita somente através dos sensores disponíveis no smartphone do utilizador, sem qualquer tipo de informação externa (como sensores internos do veículo). O pré-processamento dos dados é efectuado internamente no dispositivo com métodos de fusão de dados para enriquecer a qualidade da informação e posteriormente enviada para o servidor web.

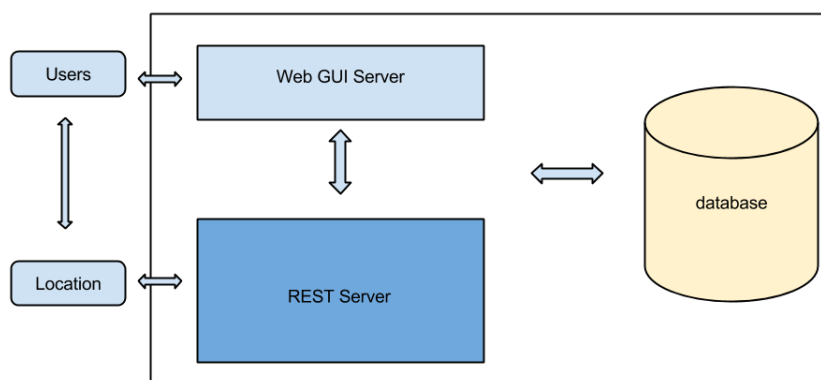


FIGURA 3.1: Arquitectura do sistema

A Figura 3.1 representa a arquitectura do sistema desenvolvido. Como podemos verificar existem duas entidades que interagem com um servidor. A aplicação móvel (Location) comunica com um servidor REST, e os utilizadores interagem com a aplicação móvel e a aplicação Web. Neste capítulo iremos abordar estas entidades e explicar o seu papel no sistema desenvolvido.

### 3.1 Aplicação móvel

Uma aplicação móvel é um software desenvolvido com o objetivo de ser instalado e utilizado num dispositivo móvel, como smartphones ou tablets. No caso em estudo, tivemos como destino dispositivos com o sistema operativo Android instalado. O sistema operativo Android foi escolhido por ser uma plataforma *opensource* e promover projectos de investigação; foi também escolhida por estar presente em diversos fabricantes, e por isso, abrange um maior leque de utilizadores. E também por fazer parte dos recursos disponibilizados para o suporte de trabalho.

A aplicação desenvolvida no ISLab, inserida no projecto PHESS, é direccionada aos condutores. Tem como principal função manter um registo das viagens efectuadas com os dados recolhidos através dos sensores presentes no respectivo smartphone. A pedido do utilizador, o registo das viagens é enviado para um servidor web onde é feita a sua análise de condução e a caracterização de perfil. Este processo de sincronização é feito através de pedidos POST efectuados pelo cliente REST implementado na aplicação móvel. Em cada pedido POST é enviada a informação de autenticação do utilizador, assim como a informação do veículo, do dispositivo utilizado, e os registos sensoriais referentes à viagem. Em adição, o utilizador da aplicação tem também a possibilidade de exportar os registos num formato Comma Separated Value (CSV).

Na figura 3.2 é apresentado um esquema da arquitectura da aplicação móvel.

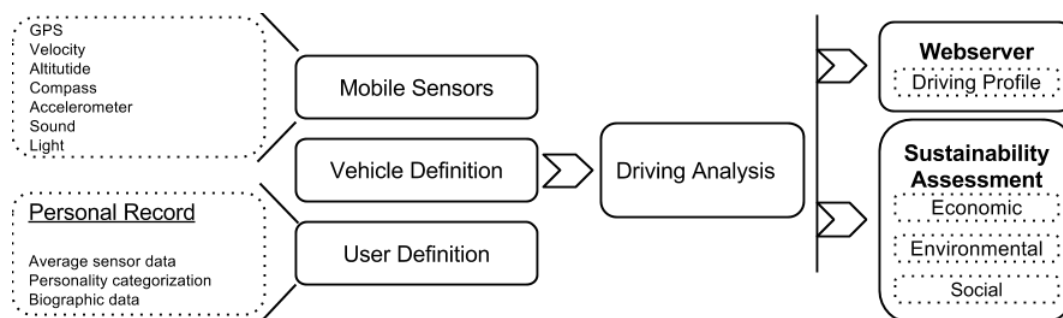


FIGURA 3.2: Esquema da aplicação móvel

Como podemos ver pela figura 3.2, a aplicação recolhe dados dos sensores presentes no dispositivo móvel, nomeadamente: GPS, acelerómetro, bússola e giroscópio, som e luz. O GPS é responsável pela recolha de dados de posição como latitude, longitude e altitude. Com o acelerómetro registamos a informação correspondente à aceleração e à aceleração linear (desprezando a influência da gravidade). Os sensores de bússola e giroscópio servem para registar a orientação do dispositivo no dado instante, é útil para a detecção de mudanças de direcção, em junção com os dados registados pelo GPS. Por fim, os sensores de som e luz estão implementados no suporte da aplicação, mas não foram considerados neste trabalho por o dispositivo utilizado para o desenvolvimento não conter sensores de som e luminosidade.

Quando os dados dos sensores são registados na base de dados local da aplicação, é efectuada uma fusão sensorial, de modo a associar a cada instante de tempo, os valores dos sensores recolhidos, sendo também calculada a velocidade no instante em m/s.

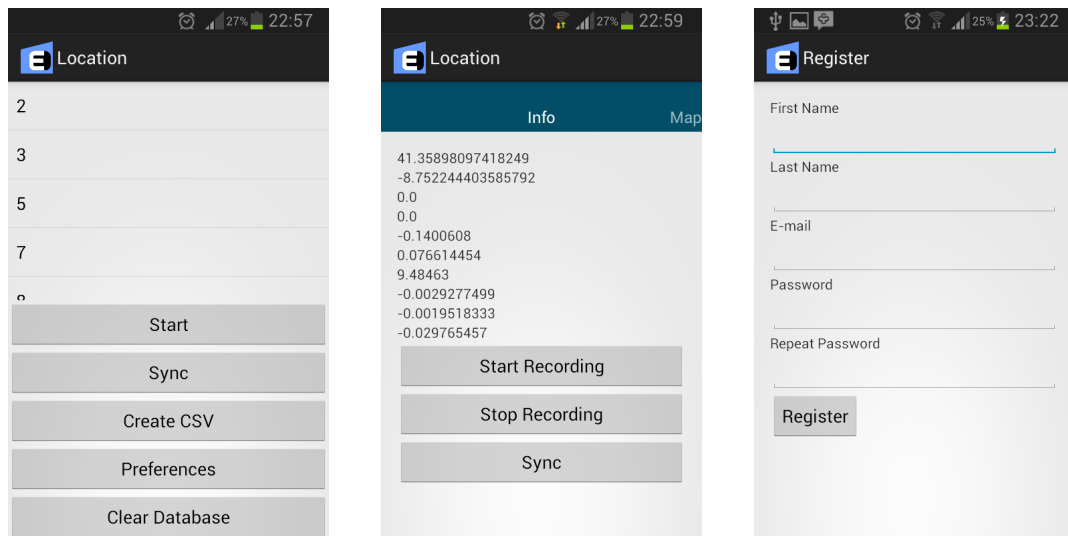
Na figura 3.3 podemos ver exemplos do aspecto da aplicação móvel. Na primeira janela da interface com o utilizador [3.3(a)], é apresentada uma lista das viagens que foram gravadas, assim como a função de registar uma nova viagem, sincronizar os registos com o servidor, e também exportar para um ficheiro CSV. Ao seleccionar uma viagem da lista, é também possível navegar entre páginas para verificar alguma informação sobre a viagem actual, e também visualizar o trajecto no mapa, com recurso à API da Google Maps.

Ao seleccionar uma viagem da lista de viagens na janela principal, é apresentada uma nova janela que apresenta os dados recolhidos dos sensores em tempo real. É também apresentada a opção de gravar, terminar e sincronizar os respectivos dados [3.3(b)].

Para sincronizar uma viagem, é necessário validar o cliente. Para isso foi criado um sistema de validação de utilizadores através do seu email e uma palavra-chave. Caso o cliente ainda não tenha efectuado o registo na aplicação, poderá fazê-lo a partir do botão para registar na janela de login preenchendo os dados no formulário apresentado pela aplicação [3.3(c)].

É também possível configurar a aplicação para associar ao condutor uma marca e modelo do veículo, e algumas das suas características, tal como o tipo de combustível, consumos médios dentro e fora das cidades, e também a categoria do automóvel [3.3(d)].

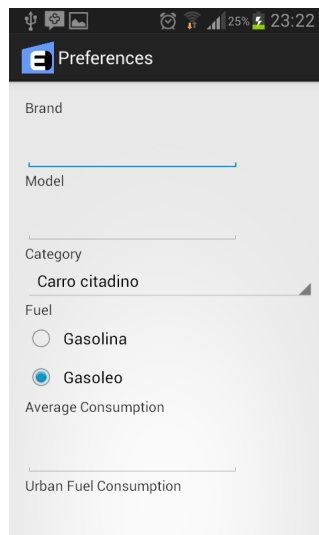
Com base na literatura apresentada, e na disponibilidade dos aparelhos de teste, esta aplicação monitoriza 6 variáveis (as quais também evidenciados em pesquisas bibliográficas): acelerómetro, velocidade, altitude, hora do dia, bússola, e posição GPS. Com a fusão destes atributos é possível inferir desvios-padrão de cada atributo de acordo com



(a) Aspecto inicial

(b) Recolha de dados durante uma viagem

(c) Registrar novo utilizador



(d) Informação sobre o veículo

FIGURA 3.3: Amostras da interface da aplicação móvel

cada condutor, o número de desacelerações e acelerações, e a sua duração média, o tempo gasto em viagem, e com esses dados criar um perfil de condutor.

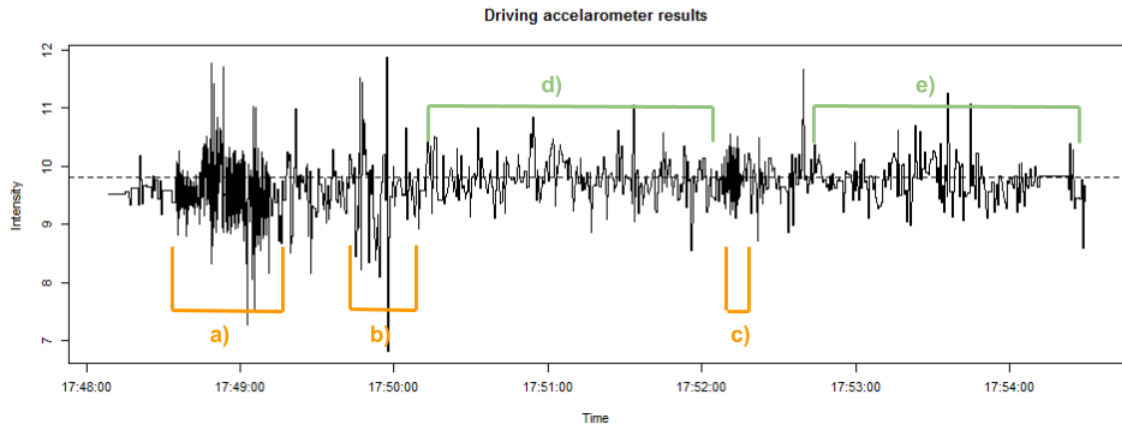


FIGURA 3.4: Exemplo do resultado de uma medição do acelerómetro

A figura 3.4 apresenta um modelo gráfico dos dados recolhidos pela aplicação móvel do acelerómetro anotada com a informação de outros sensores, de acordo com o padrão de condução de um condutor.

O evento *a)* representa baixa velocidade e altas variações no acelerómetro. Desta informação podemos deduzir que representa uma manobra de estacionamento ou, de congestão de tráfego. Os eventos *b)* e *c)* representam eventos agressivos onde a velocidade foi elevada e existiram mudanças repentinas de direcção, resultando em variações de altas amplitudes do acelerómetro. Os eventos *d)*, *e)* não representam grandes variações na aceleração, pelo que representam uma actividade de condução regular. Com este projecto de dissertação, pretendemos construir um sistema que seja capaz de analisar este tipo de informação, e efetuar conclusões de forma independente.

## 3.2 Servidor Web

Um servidor Web é um programa responsável por aceitar pedidos HTTP dos clientes, neste caso, os condutores utilizadores do sistema desenvolvido para o estudo deste trabalho.

Como podemos visualizar na Figura 3.5 o cliente efectua pedidos HTTP (Post ou Get) e aguarda uma resposta do servidor.

Este servidor web implementa um serviço web e uma aplicação web.

Uma aplicação Web é uma aplicação com o objectivo de ser executada por um servidor web. A função da aplicação web é processar os pedidos recebidos no servidor por parte do cliente, para que ele possa responder com os dados processados pela aplicação. O

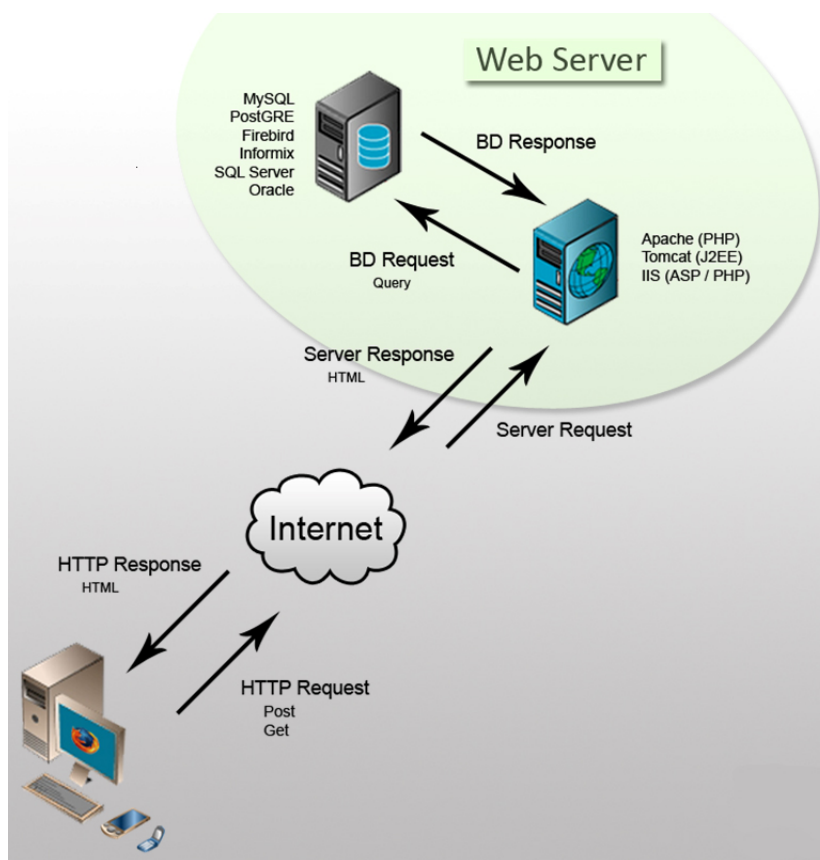


FIGURA 3.5: Arquitectura de uma aplicação web

recurso a uma aplicação web é necessário porque o servidor não tem a capacidade de criar páginas dinâmicas ou o armazenamento e persistência de dados.

Como pudemos ver na Figura 3.5 quando o utilizador acede a página web através do navegador, é enviado para o servidor um pedido HTTP Request (podendo ele ser do tipo POST ou GET). Caso esse pedido necessite de processamento, é processado pelo servidor da aplicação. Se for necessário, é também efectuada uma ligação à base de dados com um pedido que pode conter uma query ou um comando SQL. Após o processamento do pedido à base de dados, é devolvida uma resposta para a aplicação com o resultado do comando SQL executado.

Por fim, é gerado o código HTML e enviado para o utilizador que efectuou o pedido, gerando desta forma, páginas web dinâmicas.

Para o desenvolvimento da aplicação web, foi utilizada a framework Java Server Faces. Esta framework segue o modelo de arquitectura Model-View-Controller (MVC)

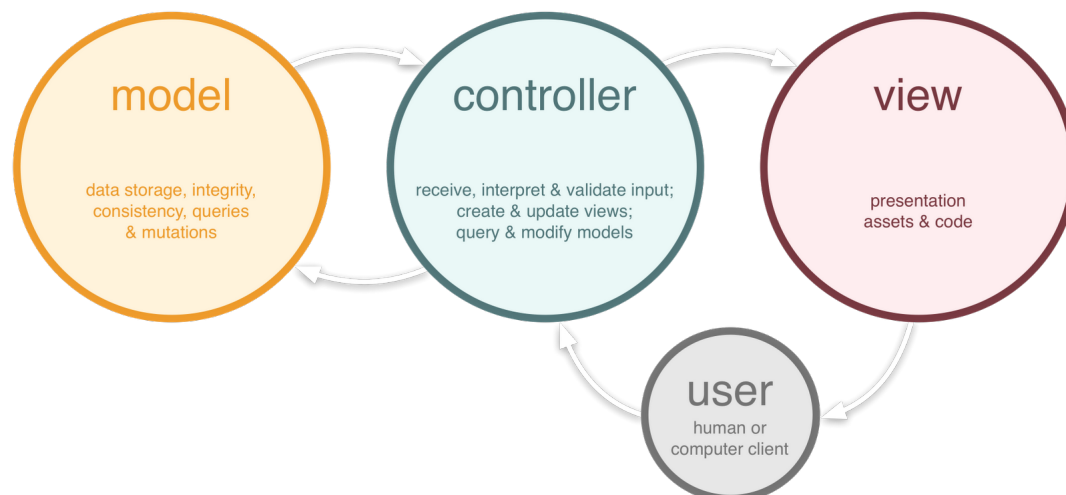


FIGURA 3.6: Diagrama da arquitectura MVC

Como podemos analisar pela Figura 3.6 a arquitectura MVC separa a representação da informação da interacção com o utilizador. No fundo, o *model* contém os dados e a lógica da aplicação; a *view* apresenta ao utilizador a informação gerada, e o *controller* tem como tarefa comunicar com a *view* e com o *model* de acordo com as instruções introduzidas, para que possa actualizar as views geradas ao utilizador assim como a informação armazenada no *model*. Na secção 3.2.3 iremos abordar com detalhe a aplicação web desenvolvida para efeitos do trabalho em questão.

### 3.2.1 Serviço Web

O Serviço Web da aplicação foi desenvolvido com o suporte da framework RESTeasy. Esta framework implementa de um serviço web REST (Representational State Transfer) que é responsável pela sincronização dos dados brutos recolhidos pela aplicação móvel - Location. A aplicação e o serviço comunicam através de mensagens texto formatadas em JSON para a transferência da dados.

A figura 3.7 representa o esquema da comunicação entre a aplicação móvel e o serviço REST.

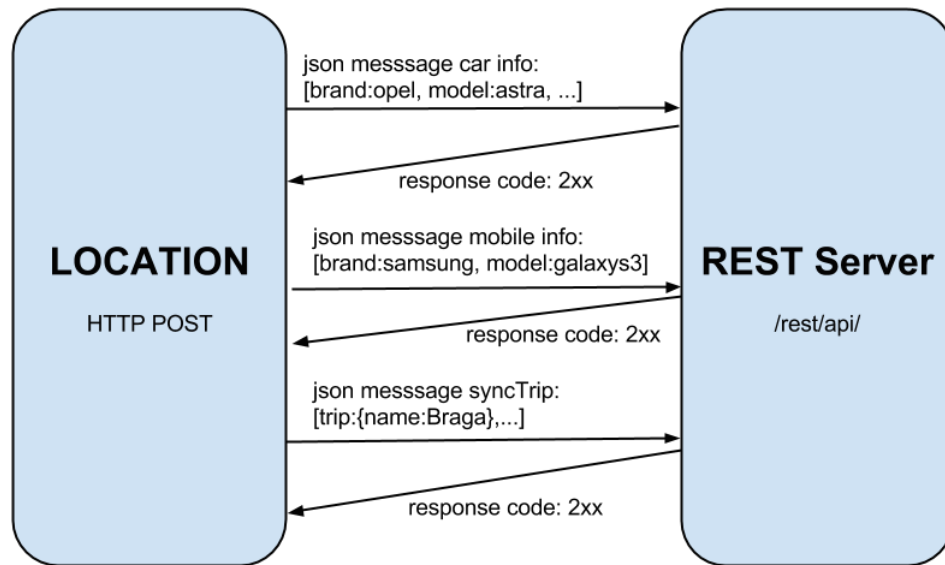


FIGURA 3.7: Esquema comunicação Location &lt;-&gt; REST Server

A mensagem JSON transmitida pela aplicação móvel contém os dados brutos recolhidos directamente dos sensores do dispositivo móvel. Como foi referido na secção 3.1, os dados correspondem a 6 diferentes variáveis. Na figura 3.8 podemos ver um exemplo dos dados a ser preenchidos pelo dispositivo móvel que formam a mensagem JSON a ser transmitida ao servidor. Desta forma, na coluna “time” temos a informação do instante de tempo em que foi recolhida a informação correspondente. Como o *timestamp* registado na coluna “time” está representado em milisegundos, dele podemos retirar toda a informação de data a hora correspondente. Nas colunas seguintes “lat”, “lon”, e “alt” temos a informação de localização, isto é, as coordenadas de latitude, longitude e altitude recolhidas pelo GPS do dispositivo. Em “vel” temos registado a velocidade instantânea em metros por segundo. O factor aceleração contém três componentes, atribuídos a X, Y e Z consoante o seu eixo gravitacional. Esses três componentes estão representados na coluna “ax”, “ay” e “az” respectivamente. Como a aceleração contém a componente gravitacional, para obtermos uma informação mais correcta é necessário desprezar essa componente, por isso é calculada a aceleração linear dos respectivos componentes da aceleração em X, Y e Z. Esta nova informação é guardada nas colunas “lx”, “ly” e “lz”, por fim, temos a informação do giroscópio representada em “gx”, “gy” e “gz”. Estes dados permitem-nos saber a orientação do dispositivo no dado instante de tempo.

Para uma abordagem de trabalho futuro, a aplicação foi preparada para também recolher dados de ruído e de luminosidade que no trabalho desenvolvido não foram considerados por falta de meios no dispositivo utilizado para o desenvolvimento.



| HTTP REQUEST               |                         |                        |
|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| AUTH INFORMATION           |                         |                        |
| USERNAME:                  | PASSWORD:               |                        |
| CAR INFORMATION            |                         |                        |
| BRAND:                     |                         |                        |
| MODEL:                     | CATEGORY:               |                        |
| FUEL:                      | URBAN FUEL CONSUMPTION: |                        |
| SUBURBAN FUEL CONSUMPTION: | AVG FUEL CONSUMPTION:   |                        |
| DEVICE INFORMATION         |                         |                        |
| BRAND:                     |                         | MODEL:                 |
| TRIP INFORMATION           |                         |                        |
| NAME:                      |                         |                        |
| TIMESTAMP START:           | TIMESTAMP END:          |                        |
| DRIVING RECORDS [ARRAY]    |                         |                        |
| TIMESTAMP:                 |                         |                        |
| GYROSCOPE X:               | GYROSCOPE Y:            | GYROSCOPE Z:           |
| LINEAR ACCELERATION X:     | LINEAR ACCELERATION Y:  | LINEAR ACCELERATION Z: |
| ACCELERATION X:            | ACCELERATION Y:         | ACCELERATION Z:        |
| VELOCITY X:                | VELOCITY Y:             | VELOCITY Z:            |
| LONGITUDE:                 | LATITUDE:               | ALTITUDE:              |
| LIGHT:                     | SOUND:                  |                        |

FIGURA 3.8: Elementos integrantes da mensagem transmitida

Estes dados são então convertidos para um formato JSON para que seja possível a sua recepção e interpretação por parte do servidor. Após a recepção dos dados da aplicação móvel, o serviço web efectua um processo de *parsing* para separar os respectivos dados e proceder à inserção na base de dados.

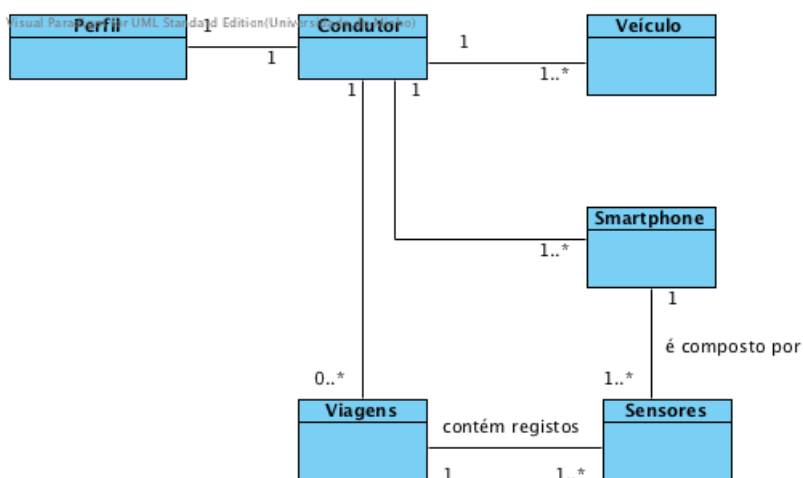


FIGURA 3.9: Elementos que compõem o sistema

Como podemos ver na figura 3.9, cada condutor que integra o sistema, tem a si associado um perfil de condução onde está guardada a informação sobre a classificação da sua condução. Verificamos também que cada condutor pode ter a si associado um ou mais veículos, e smartphones.

O serviço web é responsável pela criação e manutenção destes elementos. O perfil do condutor é criado para que possa ser feita uma classificação do respectivo condutor, e por sua vez, manter um registo dos dados actualizado. No capítulo 4 iremos abordar com mais detalhe a definição e a função dos perfis.

O *objecto Veículo* foi criado para guardar informação relevante sobre o veículo utilizado para uma respectiva viagem. Este objecto contém a informação sobre a marca e modelo do veículo, a sua categoria (carro citadino, carrinha, SUV), o tipo de combustível (gásóleo ou gasolina) e uma média do consumo de combustível. Essa informação deverá ser cedida pelo utilizador nas preferências da aplicação móvel. A intenção de criar o objecto veículo deve-se ao facto de considerarmos ser um factor importante conhecer qual o tipo de veículo que o utilizador conduz, é uma variável importante na classificação do seu perfil de condução, pois a partir do senso comum podemos afirmar que um condutor é também influenciado pelo tipo de veículo que conduz, isto é, admite-se que um condutor não dirige um carro citadino e um carro desportivo da mesma forma.

Outro objecto em questão que poderá influenciar os dados, é o tipo de smartphone. Como sabemos, os smartphones não possuem todos o mesmo número de sensores, nem a mesma precisão. Por isso, a cada registo de viagem é também armazenada a marca e o modelo do dispositivo utilizado para registar a viagem. Devido ao elevado número de marcas e modelos de dispositivos móveis e à falta de meios, não foi possível utilizar essa informação para ter em conta a influencia dos sensores para caracterizar as viagens.

De forma a termos uma informação actualizada, os dados relativos ao smartphone utilizado para a recolha dos dados e também do automóvel, são enviados em cada sincronização juntamente com os dados referentes à viagem sincronizada.

Como podemos verificar na figura 3.10 a aplicação móvel reúne os dados da viagem, a informação do veículo introduzida nas preferências da aplicação, e a informação corresponde à marca e modelo do smartphone. De seguida é enviado um pedido de sincronização ao serviço WEB, que tem como função introduzir os dados em bruto na base de dados e efectuar um processamento dos dados para a posterior classificação e actualização do perfil. O processo de sincronização é interrompido se as credenciais de autenticação estiverem erradas ou não existir ligação à internet.

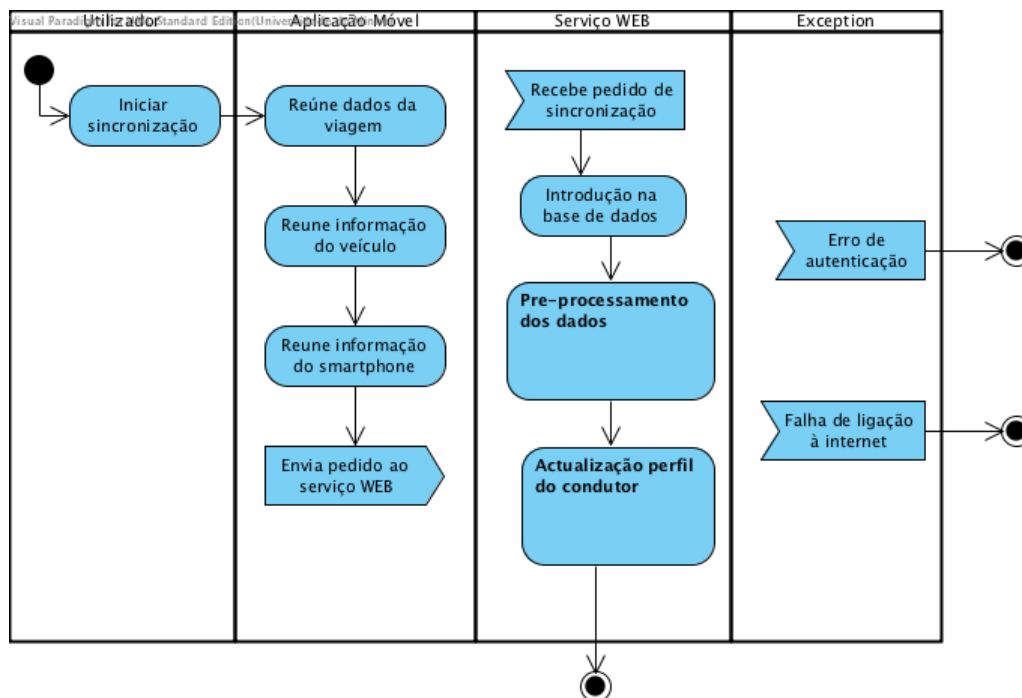


FIGURA 3.10: Diagrama de actividade do processo de sincronização

O pré-processamento dos dados tem como função percorrer os dados brutos recolhidos e identificar pontos que correspondam a acelerações ou travagens, e ao mesmo tempo atribuir uma classificação. Por fim, é feita toda uma nova análise estatística sobre o utilizador e é actualizado o seu perfil com o novo conhecimento.

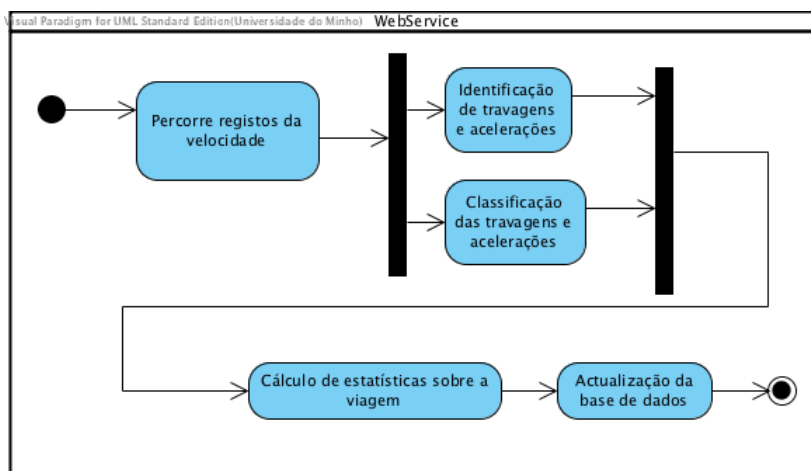


FIGURA 3.11: Diagrama de actividade do processamento dos dados no servidor

O serviço web é também responsável pelo registo de novos utilizadores no sistema. O utilizador deverá preencher um formulário de registo na aplicação móvel, que será solicitado no momento da primeira sincronização.

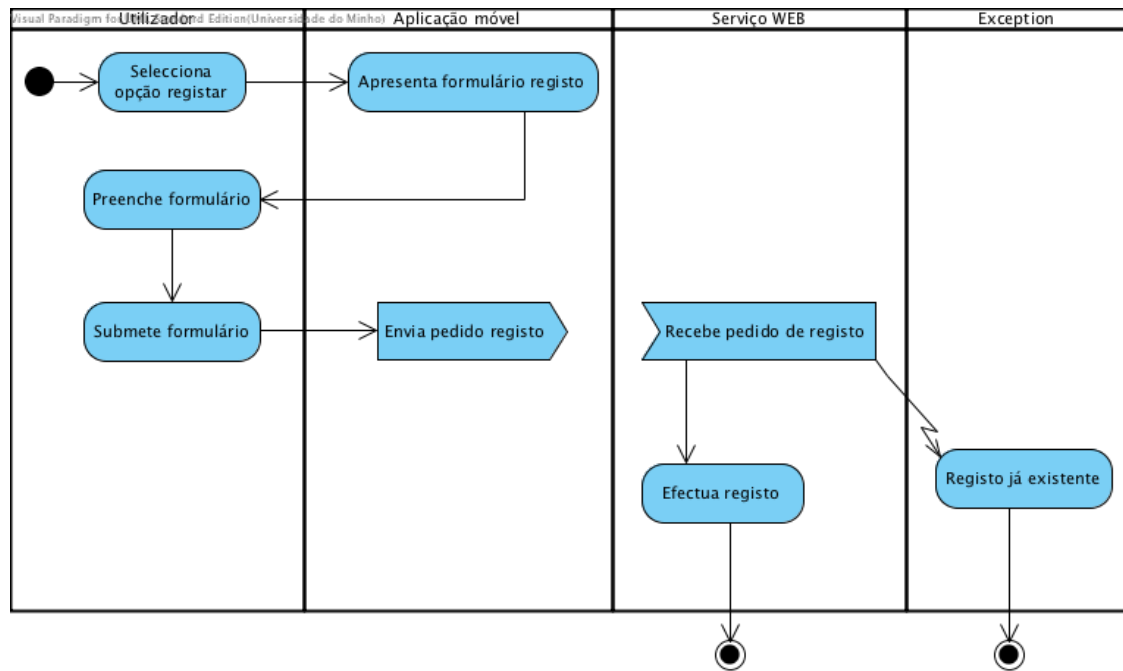


FIGURA 3.12: Diagrama de actividade do registo de um utilizador

Como está representado pela figura 3.12 o serviço irá receber o pedido por parte da aplicação móvel e irá efectuar o registo de um novo utilizador na base de dados caso o email introduzido ainda não exista na base de registos.

### 3.2.2 Base de Dados

Após a leitura da sub-secção 3.2.1, e percebendo melhor as variáveis em avaliação, recolhidas por parte da aplicação móvel, é necessário o apoio da implementação de um modelo de dados para a sua persistência e análise. Assim, para uma melhor representação da informação foi criado o esquema conceptual (Figura 3.13).

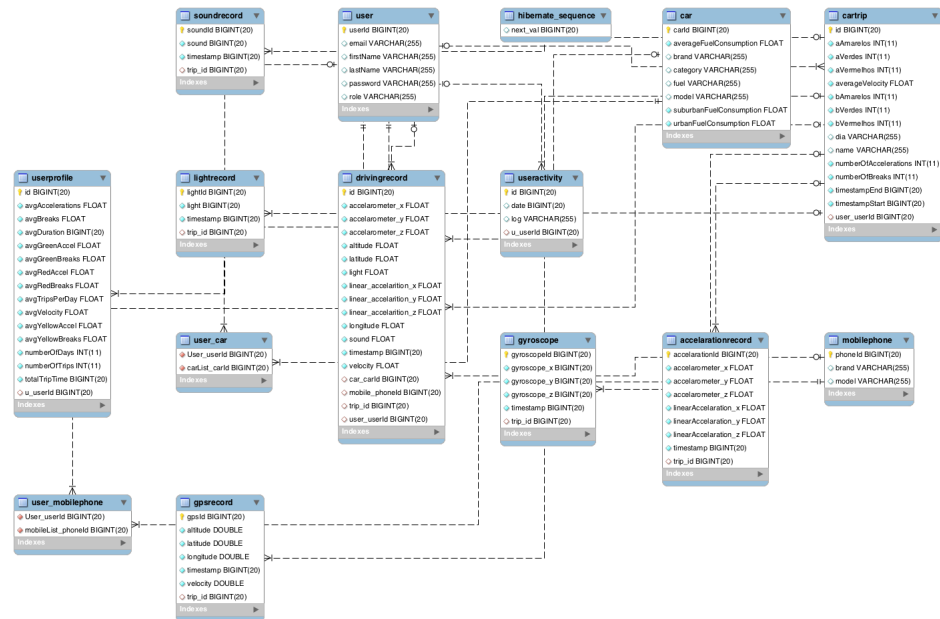


FIGURA 3.13: Esquema conceptual da base de dados do serviço WEB  
 Para melhor visualização consultar apêndice A

O modelo de dados representado na Figura 3.13 é o modelo associado à aplicação web que engloba o serviço web e a aplicação GUI web. Esta base de dados é sincronizada com a que está presente na aplicação móvel, após o tratamento efectuado pelo serviço web posterior à sincronização.

A base de dados presente no dispositivo móvel é composta por apenas nove tabelas sendo elas: Accelerometer, Car, GPS, GSM, Gyroscope, Light, Sound, Trips e Wifi que correspondem aos dados bruto recolhidos directamente dos sensores, com a excepção da tabela Car e Trips, que guardam a informação sobre o veículo (marca, modelo, categoria, tipo de combustível e consumos médios) e da viagem (*timestamp* início e fim, e nome da viagem).

Ao analisar a Figura 3.13, verificámos que as várias entidades identificadas e registadas pela aplicação móvel PHESS Location estão associadas às diferentes tabelas tal como: accelerationrecord, car, drivingrecord, gpsrecord, gyroscope, lightrecord, soundrecord que são as tabelas correspondentes no modelo de dados da aplicação móvel. No fundo, a base de dados da aplicação móvel é idêntica à do web service, sendo que a base de dados do web service é composta por três novas tabelas: user, cartrip e userprofile.

A tabela user contem a informação do utilizador para autenticação no servidor, nomeadamente o e-mail, primeiro e último nome, e uma palavra-chave. Esta informação é utilizada no processo de sincronização a partir da aplicação móvel, e também no processo de autenticação na aplicação WEB, que iremos abordar na sub-secção 3.2.3.

Tendo como objetivo deste trabalho a identificação e classificação dos padrões de condução, é necessário a criação de um perfil associada a um utilizador. Para que possámos ter uma definição de perfil ao nível de Sistemas Inteligentes (SI), foram criadas duas tabelas no modelo de dados que contribuem para a criação desse perfil. Na tabela “cartrip” temos a informações relevantes sobre uma viagem, tal como o dia da viagem e a sua duração, o número de acelerações e travagens identificadas ao longo do percurso, e uma classificação das respectivas acelerações e travagens. Por fim, na tabela “userprofile” é onde está armazenada a informação que constitui o perfil de condução de cada utilizador. Isto é, a cada processo de sincronização com o servidor web, por parte de um utilizador, e de acordo com o histórico de viagens armazenado na tabela cartrip, a tabela userprofile é actualizada com novos dados estatísticos.

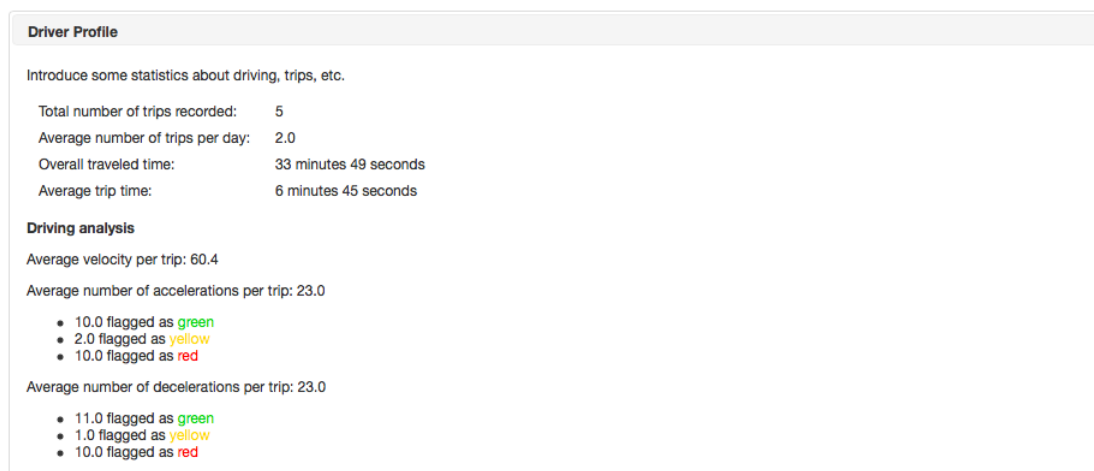
### **3.2.3 Phess Driving**

Como referido em 3.2 nesta sub-secção iremos abordar a aplicação web desenvolvida para o trabalho em questão.

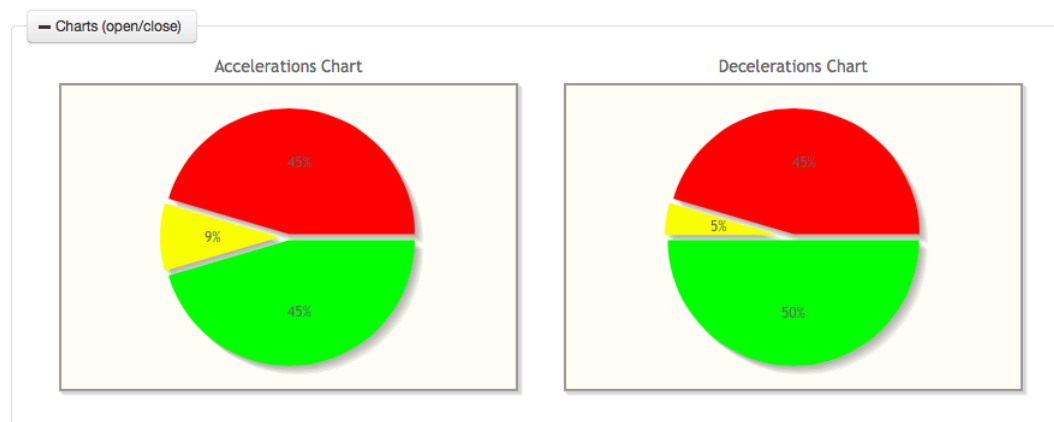
A aplicação web criada tem o intuito de apresentar ao utilizador um registo das viagens gravadas e sincronizadas através da aplicação móvel e da respectiva análise à sua condução.

Ao entrar na aplicação o utilizador deverá introduzir as suas credenciais, respectivamente endereço de email e palavra-chave, para aceder ao seu perfil. Feita a autenticação o utilizador terá então acesso ao seu perfil no sistema. A página do perfil contém dois estados. Caso o utilizador não tenha sincronizado qualquer viagem é apresentada uma página contendo essa informação; caso contrário, é apresentada a página com a informação e a caracterização do condutor.

Se o condutor tiver viagens registadas no servidor, será apresentado a sua página de perfil, juntamente com as estatísticas e conclusões calculadas no momento da sincronização. Para uma melhor visualização do aspecto gráfico da página, as figuras foram divididas pelas diferentes secções presentes.

Logged as João Sarmento (USER) - [Logout](#)

(a) Perfil do condutor



(b) Gráfico das acelerações e travagens

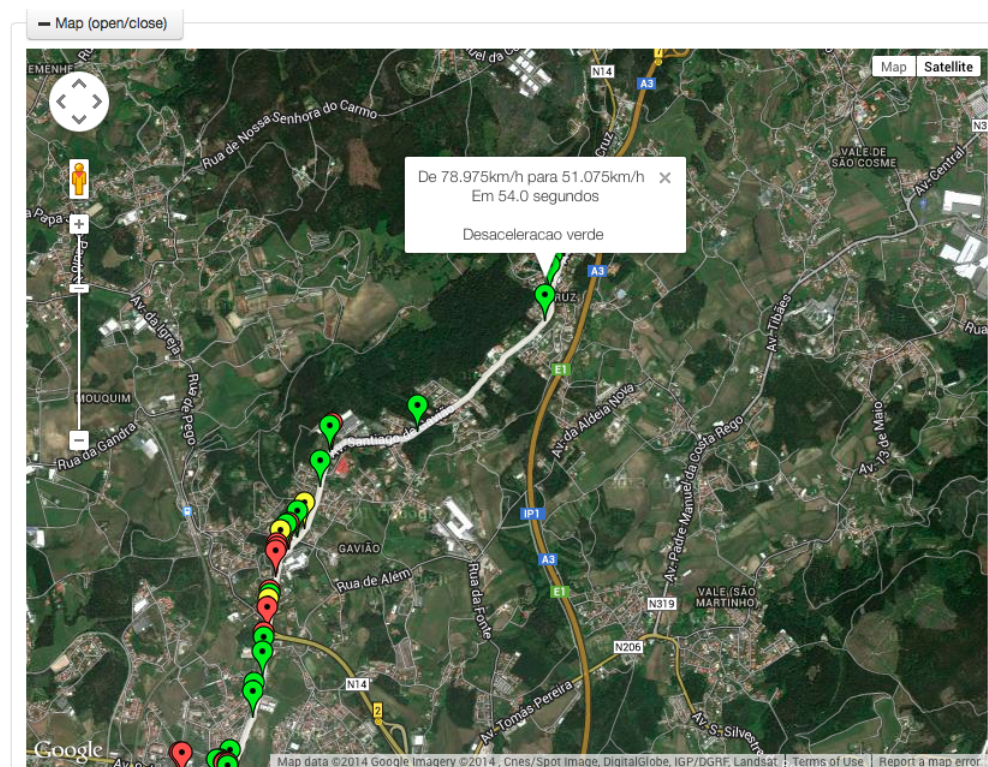
FIGURA 3.14: Perfil do condutor

Nas Figuras 3.14(a) e 3.14(b), temos representada informação relevante sobre o perfil do condutor. Nesta secção podemos saber o tempo total que o condutor esteve em viagem, assim como o tempo médio de cada viagem e o número médio de viagens por dia. Podemos também consultar a velocidade média de cada viagem, e uma análise média da sua condução, classificada pelo seu número de travagens e acelerações, que são atribuídas a uma cor (vermelha, amarela ou verde). No capítulo 4 iremos abordar a análise de condução e a identificação de perfis de condução.

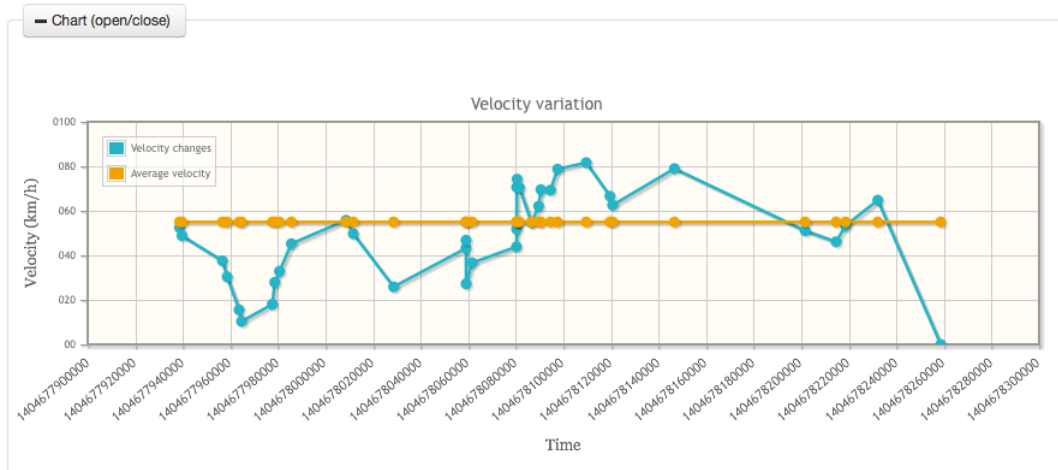
Como na secção da aplicação web “*Driver Profile*” temos uma abordagem geral ao perfil de condutor, é possível consultar uma análise mais detalhada de cada viagem registada. Ao seleccionar uma viagem da lista de viagens é apresentada uma vista da informação detalhada da respectiva viagem.

| Famalição Information       |                      |  |
|-----------------------------|----------------------|--|
| Sun, 6 Jul 2014 21:18       |                      |  |
| Number of recorded entries: | 1434                 |  |
| Trip duration:              | 5 minutes 24 seconds |  |
| Average velocity:           | 55 km/h              |  |
| Green accelerations:        | 9                    | Yellow accelerations: 2 Red accelerations: 6 |
| Total of accelerations:     | 17                   |  |
| Green decelerations:        | 10                   | Yellow decelerations: 1 Red decelerations: 7 |
| Total of decelerations:     | 18                   |  |

(a) Detalhes da viagem



(b) Mapa da viagem



(c) Gráfico de velocidade

FIGURA 3.15: Informação de uma viagem



Como pudemos ver na figura 3.15, podemos consultar informações como a data e hora da viagem e a sua respectiva duração. Temos também a informação da velocidade média da viagem, e a identificação das acelerações e travagens ao longo da viagem, classificadas com as três cores (vermelhas, amarelas e verdes). Estas acelerações e travagens estão também identificadas ao longo do mapa no trajecto da viagem, como podemos verificar na Figura 3.15(b). Por fim, na Figura 3.15(c) temos uma representação gráfica da variação da velocidade ao longo do tempo da viagem (linha azul), que é intersectada pela média da viagem (linha laranja).

Findado o capítulo sobre o desenvolvimento do trabalho onde foram abordados as ferramentas desenvolvidas para o trabalho em estudo, e as respectivas tecnologias utilizadas, no próximo capítulo iremos focar-nos na análise e classificação do perfil do condutor.

## Capítulo 4

# Perfil de Condução

A noção de perfil de condução foi mencionada ao longo deste documento. Durante este capítulo iremos aprofundar a definição de perfis de condutor e decisões tomadas para a sua caracterização neste trabalho.

Sabemos por definição que um perfil é descrição ou relato que se faz a traços rápidos o retrato moral e físico de uma pessoa [36]. Sendo que no caso em questão estamos a traçar o perfil de um condutor, é específico aos comportamentos no papel de condutor.

Nos Capítulos 1 e 2 fizemos referência à sustentabilidade e à condução sustentável. Recordando que a sustentabilidade é composta pelas três dimensões: Social, Económica e Ambiental, [22, 23] sabemos que a definição de perfil de condução sustentável engloba estes três factores.

Ao nível da dimensão social temos que ter em consideração a segurança dos condutores e dos terceiros. De acordo com a bibliografia, um condutor responsável e seguro é, por definição, um indivíduo muito menos sujeito a ver-se envolvido em situações de trânsito críticas e em acidentes. Um condutor é também responsável pela sua segurança, pela segurança dos passageiros, e pela segurança dos peões, dos condutores, e dos outros veículos que circulam na via pública. O condutor deve observar o trânsito com a máxima atenção, moderar a velocidade, parar o veículo sempre que necessário, prever com antecedência os seus movimentos. Ao assumir estes e outros comportamentos, um condutor demonstra ser responsável e contribui para um ambiente rodoviário mais seguro [2].

Ao nível das dimensões económica e ambiental, o Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMTT) promoveu um projecto de Eco-condução. Este projecto teve o início em Junho de 2009, e de um conjunto de 200 candidatos, foram seleccionados 20 condutores frequentes e com o seu próprio veículo. O principal objectivo era compreender os hábitos de condução e promover a melhoria do seu desempenho, de modo a que a sua condução

seja amiga do ambiente, e consequentemente, devido à redução de consumo, também contruibui para a redução de custos tanto em manutenção do veículo como em gastos de combustível. O acompanhamento dos condutores implicou a monitorização contínua do veículo, através da instalação de um equipamento electrónico de monitorização em tempo real. Este equipamento permitiu registar parâmetros como acelerações e travagens bruscas, rotações do motor, posição do acelerador, entre outros [12]. Neste trabalho como o objectivo é utilizar parâmetros identificáveis através de um dispositivo móvel, não temos acesso a variáveis como a rotação do motor, ou a posição do acelerador. No entanto, para a identificação e classificação do perfil, através do acelerómetro do dispositivo móvel, conseguimos identificar parâmetros como aceleração, velocidade, e classificar as respectivas acelerações e travagens.

O perfil de condução definido para este trabalho é composto por diferentes parâmetros como: número total de viagens, número de dias com viagens registadas, total de tempo consumido em viagem, média de duração de cada viagem, média de viagens por dia, média de velocidade, média de acelerações, média de travagens, e a média das classificações de acelerações e travagens (em verde, amarelo ou vermelho).

## 4.1 Pré-processamento

Sempre que o utilizador sincroniza, através da aplicação móvel, uma ou mais viagens com o serviço web, no final da sincronização, a aplicação web é responsável pelo pré-processamento dos “dados brutos” enviados pela aplicação móvel.

O pré-processamento dos dados é feito através das diferentes etapas

1. Recepção e salvaguarda dos dados brutos da aplicação móvel
2. Identificação da informação da(s) viagem(s) sincronizada(s)
3. Identificação e classificação das acelerações e travagens em cada viagem

Na primeira etapa em que a aplicação web recebe os dados brutos com a informação da viagem e dos sensores do dispositivo móvel, esses dados são sujeitos a um parsing que associa cada campo da mensagem codificada em *JSON* a uma coluna da tabela “DrivingRecords” da base de dados onde estão salvaguardados os dados brutos enviados pela aplicação móvel.

Após a salvaguarda dos dados, e para uma melhor leitura dos dados, é necessário identificar cada viagem e associar os registos de informação à respectiva viagem. Para tal, foi

criada uma tabela na base de dados com o nome “CarTrip” que tem como função guardar a informação identificativa da viagem. Assim, para cada viagem existente nessa tabela temos identificado o “id” que serve para associar os registos dos sensores à respectiva viagem, temos também associado o nome, o timestamp de início e fim de viagem. Esta informação está presente nos dados brutos enviada através da aplicação móvel e é apenas sujeita a uma estratégia de parsing. Juntamente com estes parâmetros base temos também um campo responsável por guardar o dia da viagem. Este parâmetro é identificado através do timestamp de início da viagem que está guardado em milisegundos e é então convertido para uma data. Este campo é importante conhecer pois é a partir dele que podemos identificar o número médio de viagens que cada utilizador efectua por dia e é um importante termo de comparação entre sujeitos.

Na terceira fase do pré-processamento são identificadas e classificadas as acelerações e travagens de cada viagem sincronizada. Após termos os registos dos sensores e a informação da viagem a aplicação tem os dados necessários para proceder à identificação e classificação das acelerações e travagens. O processo de identificação e classificação é feito em simultâneo.

#### **4.1.1 Identificação das acelerações e travagens**

A identificação das acelerações e travagens é feita com base nas alterações à velocidade. A aplicação percorre os registos da informação dos sensores ordenada pelo espaço temporal da viagem e analisa as variações da velocidade. Para identificar se o registo representa uma aceleração, travagem, ou se constante, a aplicação segue o algoritmo de decisão representado pela figura 4.1.

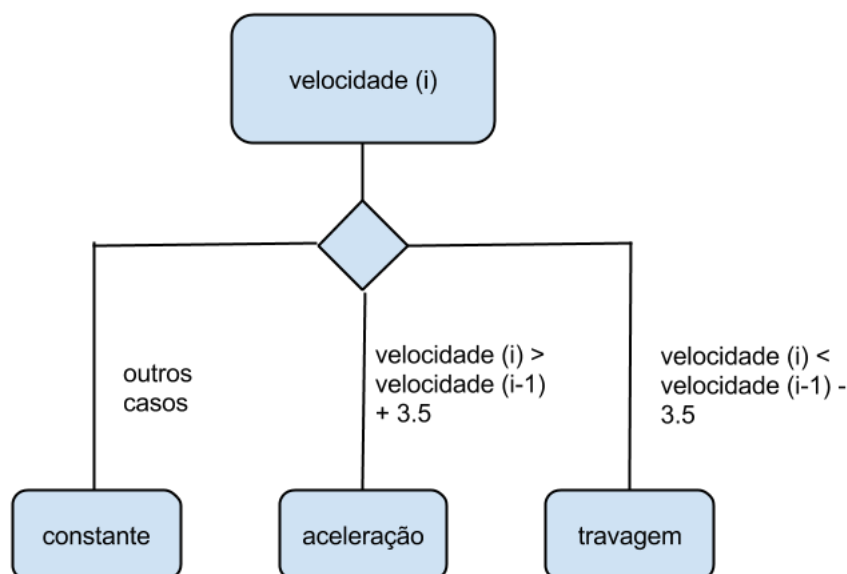


FIGURA 4.1: Árvore de decisão de identificação das acelerações e travagens

Ao analisar a figura 4.1 verificamos que a identificação de travagem ou aceleração é feita pela variação de 3,5 Km/h na velocidade. Ou seja, caso a velocidade actual seja 3,5 km/h superior à velocidade no instante de tempo anterior, então estamos perante uma aceleração. Caso a velocidade actual seja 3,5 km/h inferior à velocidade no instante de tempo anterior, temos uma travagem. Todos os restantes casos que a diferença seja inferior a 3,5 km/h não são considerados como aceleração ou travagem. A margem de 3,5 km/h foi definida por senso comum pois concluímos que seria uma margem aceitável pelo que é considerado uma travagem ou uma aceleração.

#### 4.1.2 Classificação das acelerações e travagens

Como foi referido anteriormente o processo de classificação é feito em simultâneo com o processo de identificação. Ou seja, quando a aplicação identifica uma aceleração ou uma travagem, efectua também a respectiva classificação.

O processo desenvolvido utiliza um método de classificação que atribui uma cor a cada aceleração ou travagem. As cores atribuídas são verde, amarela ou vermelha, sendo que verde corresponde a um comportamento de condução sustentável e vermelho nada sustentável.

A atribuição destas cores a cada aceleração ou travagem é feita através de um algoritmo que analisa o declive da recta correspondente à relação entre a diferença de velocidade e de tempo entre dois pontos, tendo também em conta o número de segundos que durou a manobra.

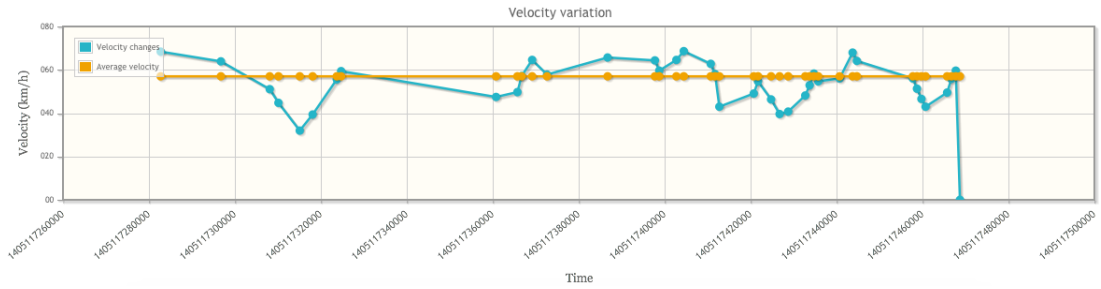


FIGURA 4.2: Gráfico da variação da velocidade

Na Figura 4.2 podemos verificar o conjunto de rectas que formam a variação da velocidade ao longo do tempo, onde foram identificadas actividades como acelerações ou travagens. O declive da recta, dado pela fórmula

$$declive = \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

$\Delta v$  = velocidade (i) - velocidade (i-1),  
 $\Delta t$  = timestamp (i) - timestamp (i-1)

é utilizado para a classificar cada uma das acelerações e travadas de acordo com as regras apresentadas na tabela 4.1.

|                    | Verde             | Amarelo             | Vermelho         |
|--------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| <b>Acelerações</b> | $declive < 3$     | $declive \geq 3$    | $declive \geq 3$ |
|                    | $tempo \geq 2seg$ | $tempo \geq 1,5seg$ | $tempo < 1.5seg$ |
| <b>Travagens</b>   | $declive < 3$     | $declive \geq 3$    | $declive \geq 3$ |
|                    | $tempo \geq 2seg$ | $tempo \geq 1,5seg$ | $tempo < 1.5seg$ |

TABELA 4.1: Tabela decisão de classificação

Ao longo da iteração e com base nas regras apresentadas na tabela 4.1 a aplicação classifica cada uma das acelerações e travagens identificadas e guarda a informação para a posterior actualização da base de dados. Quando a aplicação termina a iteração pelos registos sincronizados actualiza a tabela da base de dados “CarTrip” na linha correspondente à viagem analisada, com as novas informações: número de acelerações e travagens, número de acelerações e travagens classificadas como verdes, amarelas e vermelhas e a velocidade média da viagem; que podemos posteriormente consultar através da aplicação web como podemos ver nas figuras 3.15(a) e 3.15(b).

Após o pré-processamento, e classificação das interações do condutor em cada viagem sincronizada, é necessário actualizar o seu perfil com os dados recentemente calculados. Assim sendo, a aplicação verifica a informação presente na tabela da base de dados “UserProfile”, correspondente ao utilizador em questão, e recalcula os valores existentes substituindo-os pela informação mais recente.

## 4.2 Discussão

Segundo os autores [13], [14], [15] a maior parte dos sistemas de suporte à condução e classificação de comportamentos de condução se baseiam unicamente na análise de velocidade e distância e por isso sugerem um sistema com sensores físicos instalados no veículo. Neste trabalho pretendemos estudar a possibilidade de uma análise e classificação dos comportamentos sem a necessidade de instalar um sistema físico no veículo utilizando apenas os sensores disponibilizados por um dispositivo móvel. Por isso, de acordo com outros sistemas, utilizamos uma abordagem idêntica procedendo à classificação com base na velocidade e tempo de manobra.

Contando que temos a informação de tempo registada por timestamps e da velocidade, a distância é também possível de calcular. No entanto, em vez da distância percorrida decidimos optar por relacionar a velocidade com o tempo que durou a manobra, seja aceleração ou desaceleração, pois consideramos que seria uma abordagem capaz de obter resultados mesmo sendo diferente das actuais.

Após a recolha de testes e análise dos dados, verificamos que o método criado reproduz conclusões que consideramos acertadas. No capítulo 5 iremos analisar com detalhe os resultados obtidos com este método e efectuar conclusões sobre eles.

## Capítulo 5

# Análise de Resultados

Nos capítulos 3 e 4 estudámos o desenvolvimento de todo o sistema que tem como função recolher a informação necessária para o estudo em que este trabalho se centraliza - a análise e classificação de comportamentos de condução. Desde a aplicação móvel até à interface da aplicação web, todos têm o seu papel na identificação e classificação do perfil do condutor.

Neste capítulo iremos abordar as metodologias da recolha dos dados assim como as condições de testes, e um estudo aprofundado dos dados recolhidos de diferentes utilizadores.

### 5.1 Metodologia

Para testar a aplicação móvel e a sua comunicação e interacção com o serviço de sincronização web e a GUI do utilizador foram efectuados alguns testes. Durante o desenvolvimento do sistema os dados utilizados foram dados de teste simulados para perceber o comportamento da interacção aplicação móvel com o servidor web, e verificar a interpretação dos dados apresentados na GUI da aplicação web por parte do servidor. O objectivo era perceber o comportamento da aplicação com valores reais e analisar comportamentos de condução de personalidades distintas. Assim, findado o desenvolvimento da aplicação móvel e do servidor web, a aplicação foi distribuída por diferentes sujeitos de teste. Podemos então dividir o processo pelas fases:

1. Distribuição da aplicação móvel por diferentes sujeitos de teste
2. Recolha dos dados das respectivas viagens registadas pelos diferentes sujeitos de teste
3. Tratamento dos dados



#### 4. Análise dos resultados

Nas próximas secções iremos explorar mais detalhadamente o que foi efectuado em cada uma das fases mencionadas.

## 5.2 Distribuição da aplicação e recolha dos dados

Após a aplicação móvel e o desenvolvimento da plataforma web estarem terminados, a aplicação móvel foi distribuída por vários sujeitos. De forma a que os dados sejam distintos, a aplicação foi distribuída por utilizadores com diferentes características, ou seja, diferentes faixas etárias, localidades e ocupações. Para que todos os utilizadores tivessem acesso à plataforma web e pudessem enviar os seus registos de viagens, a aplicação foi instalada no servidor disponibilizado pelo ISLab para o efeito.

A recolha de dados de teste por parte de cada sujeito durou cerca de duas semanas, e neste momento temos dados suficientes registados para retirarmos conclusões e procedermos à análise dos respectivos sujeitos de teste do sistema que iremos explorar na secção 5.3.

## 5.3 Tratamento dos dados

Como referido na secção 5.2, ao fim de duas semanas acedemos à aplicação web para verificar o progresso dos diferentes utilizadores. Foram escolhidos três sujeitos para análise: um professor do departamento de informática (DI), um estudante de doutoramento, e de um trabalhador.

Nas tabelas 5.1 e 5.2 iremos representar os dados recolhidos dos diferentes sujeitos para podermos traçar um perfil e comparar as respectivas diferenças, sendo respectivamente o sujeito A, B e C o professor do DI, o estudante de doutoramento e o trabalhador.

Para perceber melhor a necessidade de mobilidade de cada um dos sujeitos, representamos tabela 5.1 o número de viagens registadas, e a média de viagens efectuadas por dia, e também o tempo total gasto em viagem, assim como a respectiva média por viagem.

|                             | Sujeito A  | Sujeito B | Sujeito C |
|-----------------------------|------------|-----------|-----------|
| Total viagens               | 14         | 1         | 5         |
| Média de viagens p/ dia     | 2          | 1         | 2         |
| Tempo total em viagem       | 3h 20m 44s | 18m 40s   | 33m 49s   |
| Média de duração por viagem | 14m 20s    | 18m 40s   | 6m 45s    |

TABELA 5.1: Número de viagens e tempo consumido

A tabela 5.2 representa os comportamentos dos diferentes sujeitos durante uma viagem. Nela temos uma média das acelerações e travagens efectuadas ao longo de uma viagem, com a sua respectiva classificação.

|                              | Sujeito A  | Sujeito B | Sujeito C |
|------------------------------|------------|-----------|-----------|
| Velocidade média das viagens | 29,35 km/h | 36 km/h   | 60,5 km/h |
| Nº médio de acelerações      | 45         | 22        | 23        |
| Acelerações verdes           | 39         | 17        | 10        |
| Acelerações amarelas         | 3          | 1         | 2         |
| Acelerações vermelhas        | 11         | 4         | 10        |
| Nº médio de travagens        | 44         | 20        | 23        |
| Travagens verdes             | 25         | 17        | 11        |
| Travagens amarelas           | 3          | 2         | 1         |
| Travagens vermelhas          | 15         | 1         | 10        |

TABELA 5.2: Caracterização média das viagens

Na próxima secção iremos abordar com mais profundidade a análise dos dados recolhidos após o seu tratamento por parte da aplicação web.

## 5.4 Análise dos resultados

Após o tratamento dos dados brutos por parte da aplicação web, e a sua respectiva classificação e análise dos dados, temos então as condições necessárias para tirarmos as conclusões sobre os objectivos pretendidos com este trabalho.

As figuras que se seguem são uma representação gráfica dos dados após o seu tratamento, de forma a que possámos ter uma abordagem mais clara.

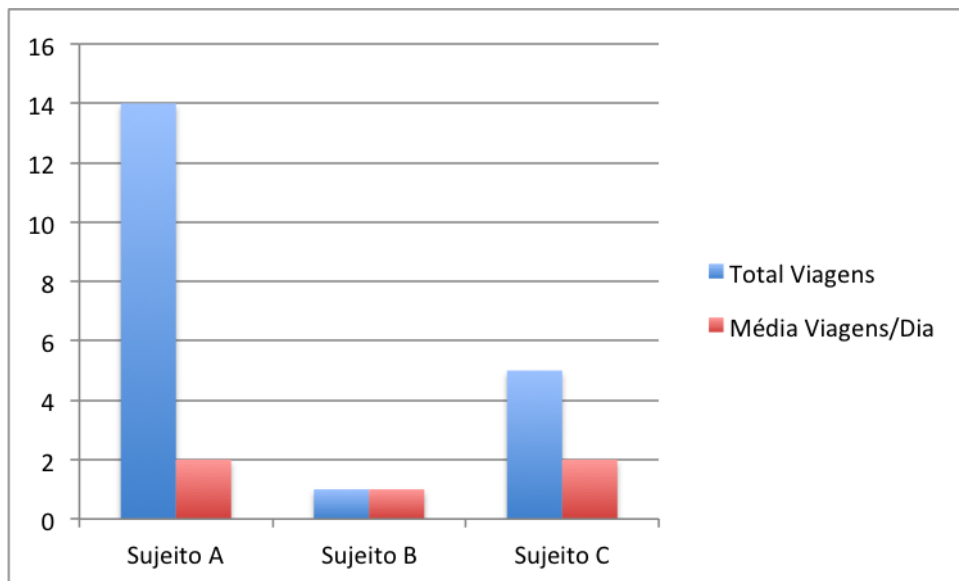


FIGURA 5.1: Número de viagens dos três sujeitos de teste

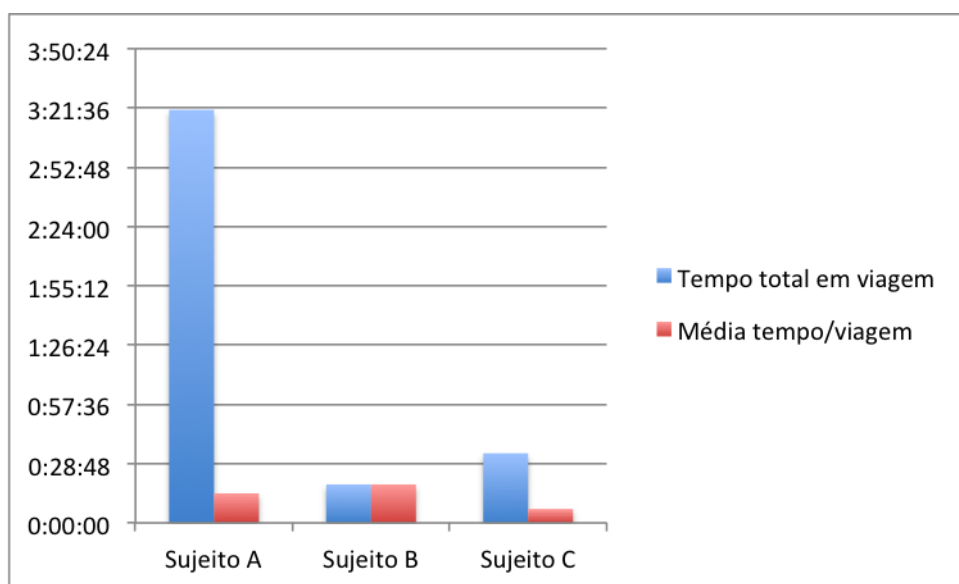


FIGURA 5.2: Tempo gasto em viagem pelos três sujeitos de teste

Analisando os gráficos com atenção, podemos concluir que o Sujeito A tem uma maior necessidade de viajar durante a semana utilizando o seu veículo pessoal devido ao elevado número de viagens comparativamente com os outros sujeitos de teste.

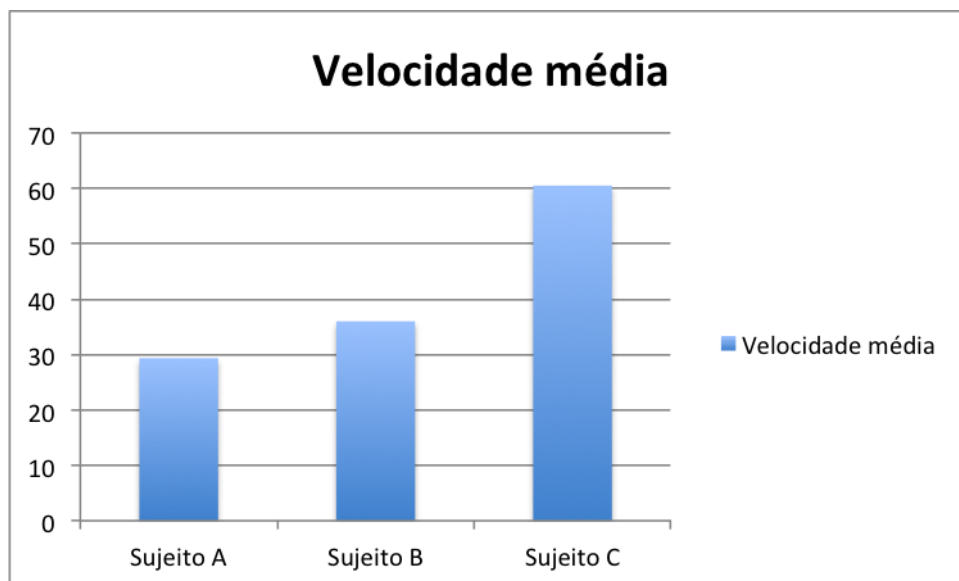


FIGURA 5.3: Velocidade média dos sujeitos

Como podemos verificar na Tabela 5.2 e na Figura 5.3, o Sujeito A tem uma condução com níveis de velocidade inferiores aos restantes sujeitos. Para tentarmos perceber o porquê desta diferença, vamos analisar as viagens efectuadas pelo Sujeito A.

Devido ao elevado número de viagens, iremos focar-nos apenas nas viagens efectuadas em dias úteis.

| Data     | Hora  | Vel. média | Acelerações |         |       | Travagens |         |       |
|----------|-------|------------|-------------|---------|-------|-----------|---------|-------|
|          |       |            | Verde       | Amarela | Verm. | Verde     | Amarela | Verm. |
| 16 Julho | 17:21 | 45km/h     | 56          | 20      | 26    | 50        | 4       | 34    |
| 16 Julho | 17:38 | 43km/h     | 29          | 1       | 16    | 21        | 3       | 21    |
| 17 Julho | 08:42 | 36km/h     | 37          | 4       | 14    | 32        | 4       | 16    |
| 17 Julho | 18:09 | 35km/h     | 41          | 8       | 18    | 37        | 5       | 25    |
| 18 Julho | 08:35 | 39km/h     | 30          | 1       | 11    | 29        | 4       | 14    |
| 18 Julho | 18:06 | 34km/h     | 48          | 8       | 24    | 48        | 8       | 26    |
| 21 Julho | 08:39 | 30km/h     | 25          | 6       | 14    | 19        | 1       | 16    |
| 21 Julho | 18:08 | 27km/h     | 30          | 0       | 8     | 26        | 2       | 16    |

TABELA 5.3: Viagens do Sujeito A

A Tabela 5.3 é referente às viagens do **Sujeito A** durante os dias úteis. Estão representadas a data e hora da viagem, a velocidade média da viagem, assim como o número de acelerações e travagens classificadas como verdes, amarelas e vermelhas. Analisando a respectiva tabela, verificámos que as viagens efectuadas aproximadamente às 8h e às 18h têm uma tendência a velocidades mais baixas, comparadas com as viagens efectuadas

por volta das 17h. Verificando que as viagens registadas pelo **Sujeito A** são em espaços temporais considerados *hora de ponta*, podemos concluir que as baixas velocidades, comparativamente às viagens registadas fora desse horário, e com a média dos restantes sujeitos, serão devido à elevada afluência do trânsito.

De seguida, iremos analisar a caracterização aos perfis de condução com base nas acelerações e travagens dos sujeitos. Primeiramente vamos estudar as acelerações dos três sujeitos individualmente e então comparar os perfis.

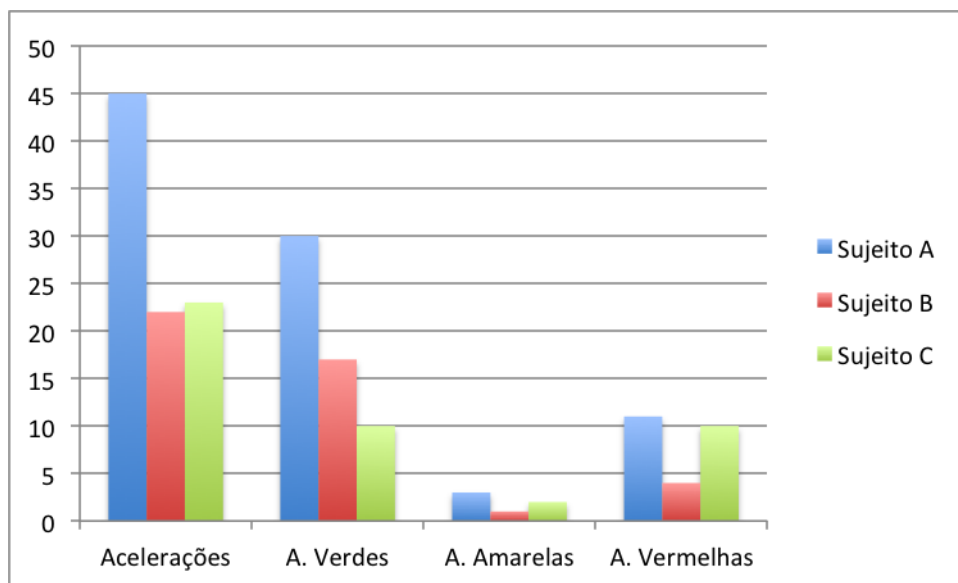


FIGURA 5.4: Acelerações médias por viagem dos sujeitos

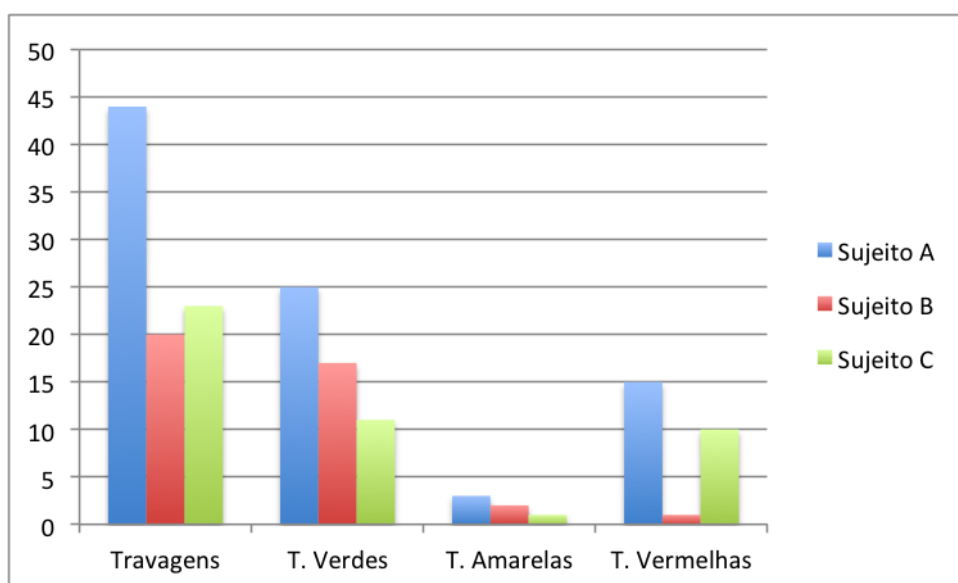


FIGURA 5.5: Desacelerações médias por viagem dos sujeitos

Como referido no parágrafo anterior, vamos estudar cada sujeito individualmente. Pelas Figura 5.4 e Figura 5.5 podemos ver que o Sujeito A na maior parte das suas acelerações estão classificadas como verde e temos um baixo número de acelerações amarelas e vermelhas. Quanto às travagens, verificámos que existe uma menor margem entre as travagens verdes e vermelhas, comparativamente às acelerações. No entanto, as travagens classificadas como verdes são mais abundantes. Podemos concluir que o a condução praticada pelo sujeito A é uma condução sustentável.

O Sujeito B também tem a maior parte das suas acelerações classificadas como verde, e um baixo número de acelerações amarelas ou vermelhas. O mesmo acontece com as suas travagens. Do Sujeito B podemos claramente concluir que a sua condução é sustentável.

O Sujeito C tem um igual número de acelerações e travagens classificadas como verdes e vermelhas, e um baixo número de acelerações classificadas como amarelas. Devido ao elevado número de acelerações e travagens classificadas como vermelhas, a sua condução não poderá ser classificada como sustentável e deverá ser marcada como uma condução agressiva.

As figuras 5.6 e 5.7 representam as acelerações e travagens numa unidade percentual.

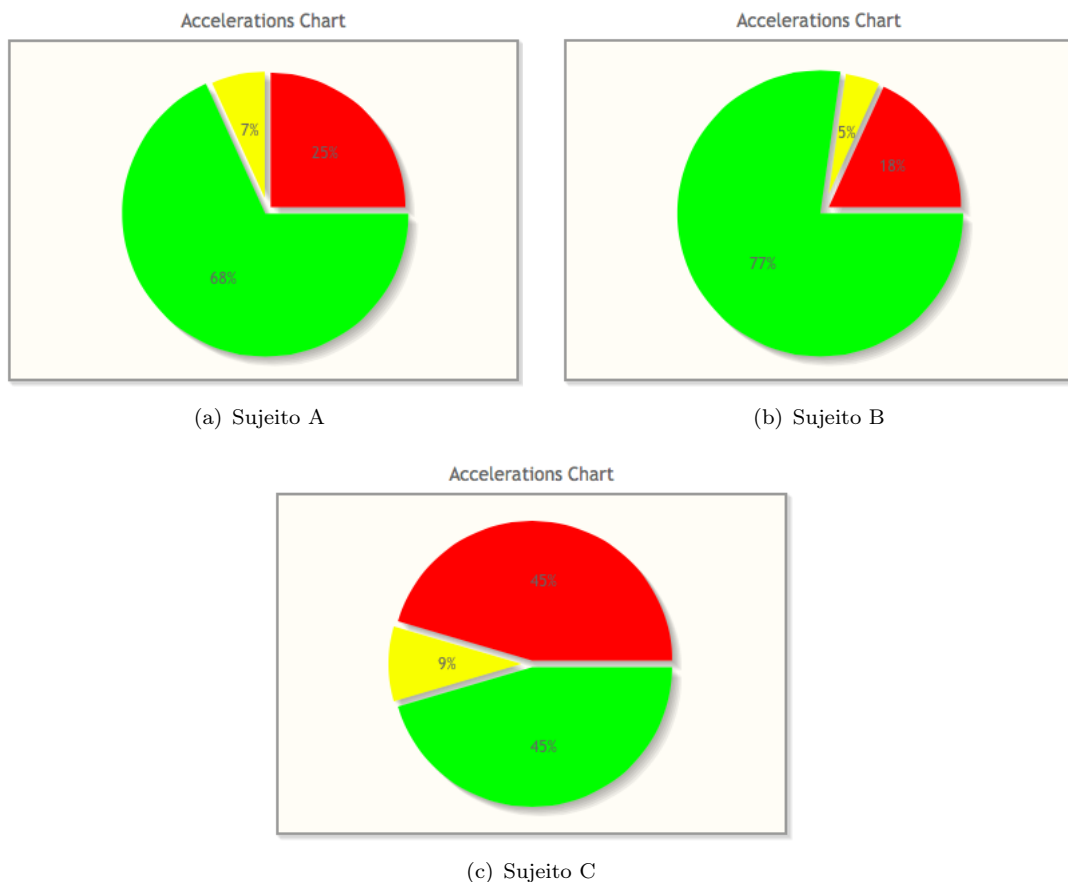


FIGURA 5.6: Percentagens de acelerações dos três sujeitos

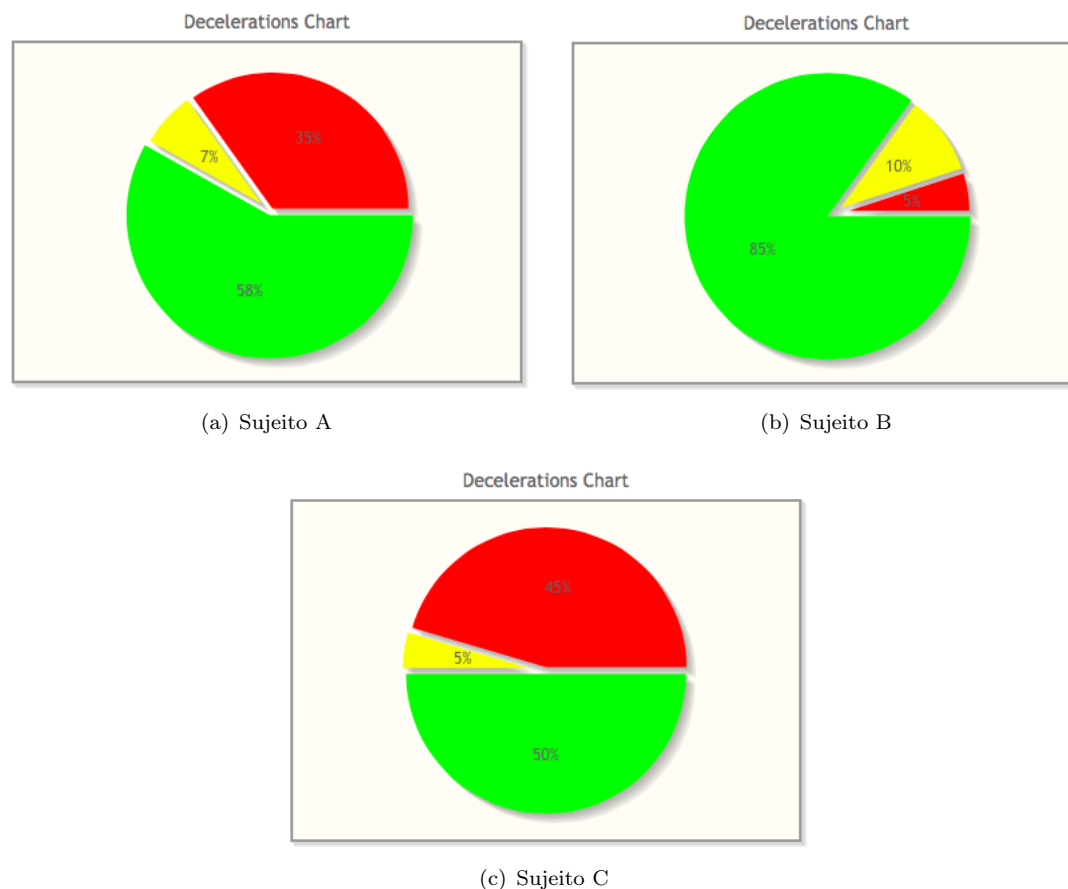


FIGURA 5.7: Percentagens de desacelerações dos três sujeitos

Como podemos verificar na Figura 5.4 apesar do Sujeito A ter um maior número de acelerações verdes, o número de acelerações total é também maior, pelo que, como vemos na Figura 5.6 é o Sujeito B que pratica uma condução com mais acelerações verdes em termos percentuais. O mesmo acontece com as travagens, que podemos verificar através das Figuras 5.5 e 5.7.

Embora o número de acelerações e travagens poderá ser influenciado pela duração e distância da travagem, neste caso isso não se verifica. Na tabela 5.1 vemos que o Sujeito A tem uma média inferior de tempo de viagem comparativamente com o Sujeito B. Podemos então concluir que o Sujeito B tem uma condução mais sustentável do que os outros dois Sujeitos testados. Podemos dizer que a condução praticada pelo Sujeito A é também uma condução verde. Já o Sujeito C, devido à elevada percentagem de acelerações e travagens verificadas nas Figuras 5.6 e 5.5, tem uma condução demasiado agressiva, pelo que deveremos classificar como vermelho.

## 5.5 Discussão

O principal objectivo deste capítulo é apresentar e discutir os dados que foram cedidos pelos diferentes sujeitos de teste escolhidos para utilizar as aplicações desenvolvidas, que foram especificadas nos capítulo do trabalho desenvolvido. Findado o capítulo, e após a revisão dos resultados, podemos afirmar ser possível o que pretendemos com o desenvolvimento deste trabalho. Como referido anteriormente, o objectivo deste trabalho é criar perfis de condução, classificando-os, utilizando apenas dados recolhidos de sensores presentes num dispositivo móvel.

Para concluir este capítulo, é relevante mencionar a importância da informação. Estes dados, numa maior escala, poderão ser utilizados em diversas áreas, como a sustentabilidade, numa associação ao tipo de condução à degradação das estradas e à poluição do meio ambiente. Pode também ser associado à prevenção da sinistralidade, utilizando os dados de classificação dos condutores, identificando quais vias são utilizadas por condutores mais agressivos (vermelhos) ou menos agressivos (verdes).



## Capítulo 6

# Conclusão

Este último capítulo tem como objectivo apresentar uma síntese de todo o trabalho realizado, das suas descobertas e conclusões, assim como a sua contribuição científica. Iremos também abordar aspectos em que o trabalho poderá ser melhorado, e fornecer ideias de trabalho futuro que poderão ser alcançáveis a partir do trabalho já realizado, de modo a explorar outras características e a obter resultados ainda melhores.

### 6.1 Síntese do Trabalho

Após a conclusão do trabalho proposto vamos, nesta secção, fazer uma síntese de todo o trabalho efectuado desde o princípio. Assim que os objectivos foram traçados foi desenhado um plano de trabalho [1.3] de modo a fazer uma distribuição da carga de trabalho pelo ano lectivo.

Para dar início ao trabalho e ao documento escrito, foi efectuado um levantamento do estado da arte de modo a ganhar algum conhecimento sobre as áreas em que o tema se debruça. Nomeadamente sustentabilidade, comportamentos e perfis de condução, como podemos verificar nos capítulos 1 e 2. Esta fase do trabalho é uma fase relevante para o projeto, pois para além de oferecer um conhecimento geral sobre os temas abordados na área de estudo, é igualmente importante conhecer os trabalhos relacionados já existentes e perceber de que modo podemos contribuir e ser diferentes do que foi já estudado.

Após a uma primeira abordagem ao estado da arte, é necessário conceber uma solução para os objectivos que foram delineados. Foi durante o planeamento de uma solução que nos deparámos com algumas decisões a serem tomadas, nomeadamente que tecnologias deveríamos abordar tendo em conta as nossas possibilidades e recursos, achando por bem adoptar o sistema android para a aplicação móvel e o JAVA para o serviço web.

Dando início à fase de desenvolvimento do sistema, e não tendo conhecimentos sobre programação para ambiente android, o primeiro passo foi começar por desenvolver a aplicação móvel. Assim que a aplicação esteve numa versão próxima da final, iniciou-se o desenvolvimento do serviço web, voltando mais tarde à aplicação móvel para ajustes necessários na comunicação entre a aplicação e o serviço, e corrigir pequenos erros que surgiram. Foi durante o desenvolvimento do serviço web, que voltámos a nos deparar com a necessidade de tomar novas decisões. Desta vez referentes ao conceito do perfil de condutor, descritas no capítulo 4.

Assim que os objectivos definidos [1.2] foram cumpridos, e com o sistema implementado e operacional no servidor do ISLab, a única tarefa restante é a recolha e análise de resultados. Como referido no capítulo 5, os resultados obtidos foram satisfatórios e foram de encontro ao esperado no início deste trabalho, conseguindo alcançar a classificação de padrões de condução através dos sensores disponíveis um dispositivo móvel. No entanto, é sensato admitir que o trabalho poderá ser melhorado, como por exemplo, com a integração de mais *hardware* como outro tipo de sensores e de sensores com uma maior precisão.

## 6.2 Trabalho Relevante

Como definido no plano de trabalho da dissertação [1.3], em paralelo com o desenvolvimento do projecto, pretendemos contribuir para a ciência com a publicação de um artigo científico, apresentado na conferência ISAmI: *International Symposium on Ambient Intelligence*, em Salamanca, que tem como objetivo reunir investigadores no âmbito da *ambient intelligence* para apresentar projectos, discutir resultados e apresentar novas ideias.

- Silva, F., Analide, C., Gonçalves, C., Sarmiento, J. “*Ubiquitous Sensorization for Multimodal Assessment of Driving Patterns*”, in ISAmI 2014

Neste artigo é também feito um relacionamento do tipo de condução, tendo em conta o número de acelerações e travagens e a sua classificação, com o seu estado de espírito.

### 6.3 Trabalho Futuro

Como é natural, ao longo do desenvolvimento desta dissertação, foram surgindo novas ideias que ficaram para trabalho futuro, tanto por falta de meios, como por difícil implementação no tempo definido para o desenvolvimento do projecto. Assim, como trabalho futuro temos como objetivo alargar o sistema a outras plataformas, nomeadamente desenvolver a aplicação móvel compatível com iOS e Windows Mobile, visto que foi desenvolvido apenas para o sistema android por ser a plataforma com melhor relação entre o número de utilizadores e preço.

É também importante melhorar o processo de sincronização de modo a fornecer uma melhor experiência ao utilizador, como por exemplo sincronização automática e detecção automática das viagens já sincronizadas. É também necessário desenvolver um processo de controlo de sincronização em caso de falhas na ligação durante a sincronia.

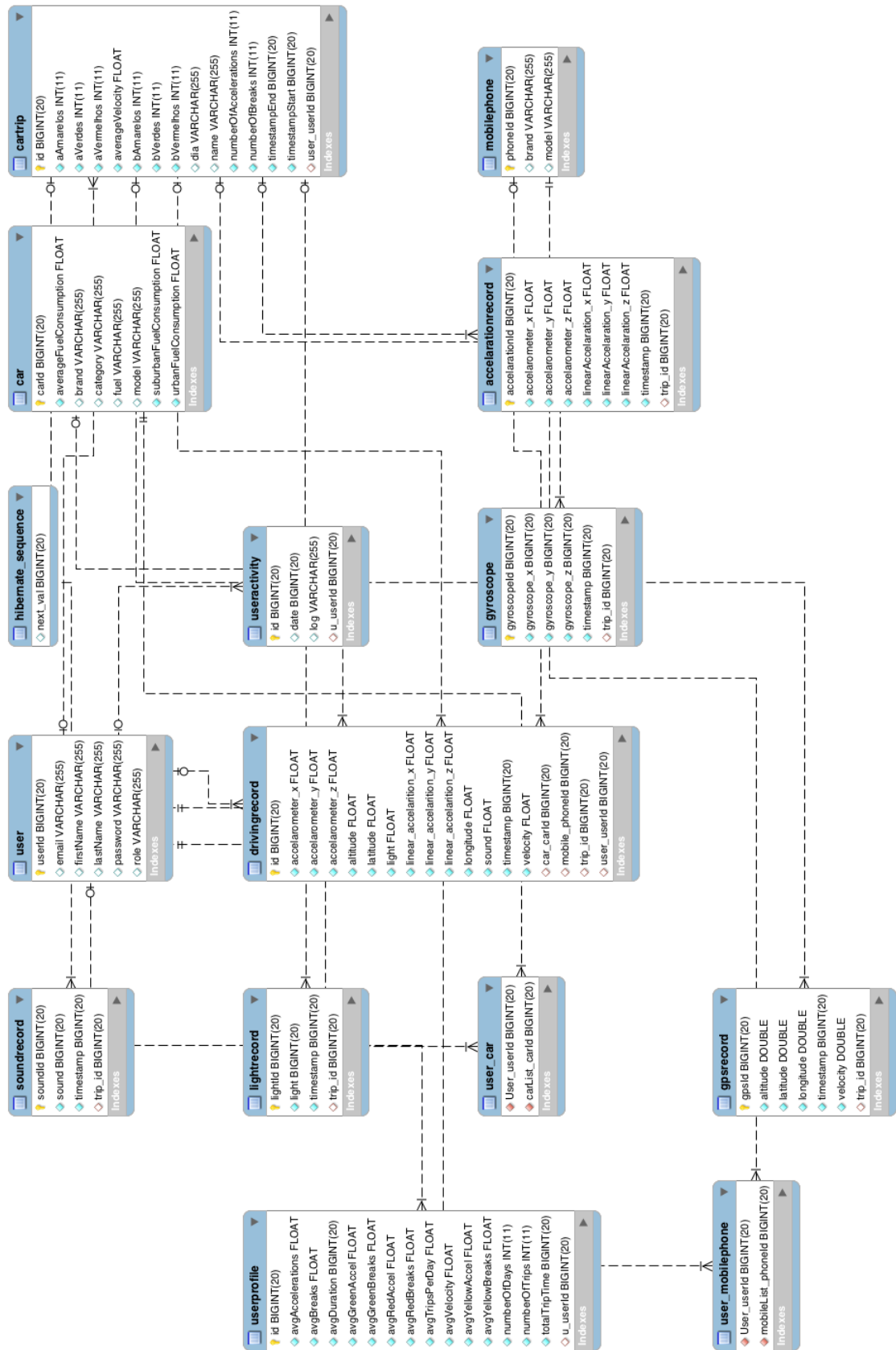
Temos também como objectivo não só a classificação da condução, traçando assim um perfil de condutor, mas também a classificação das vias. Isto é, com base na classificação das viagens dos diversos utilizadores, pretendemos também classificar as estradas ou zonas da cidade como verdes, amarelas, ou vermelhas.

Podemos também incluir informação relevante da rotina do condutor, tal como zonas mais frequentadas, horas do dia mais activas. No fundo um histórico de hábitos do utilizador. Podemos também relacionar de que forma os diferentes períodos do dia afectam o estado emocional do condutor. A título de exemplo: uma condução ao final de um dia de trabalho ser mais agressiva devido ao factor stress, cansaço, trânsito.

Por fim, mas não menos importante, temos também como objectivo para o futuro melhorar a interface gráfica do utilizador, tanto na aplicação móvel, como na aplicação web.

## Apêndice A

# Modelo de Dados



# Bibliografia

- [1] Eva Ericsson. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors. 2001.
- [2] Instituto da Mobilidade e dos Transportes. Responsabilidade do condutor, Agosto 2014. URL [http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/EnsinoConducao/ManuaisEnsinoConducao/Documents/Fichas/FT\\_ResponsabilidadedoCondutor.pdf](http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/EnsinoConducao/ManuaisEnsinoConducao/Documents/Fichas/FT_ResponsabilidadedoCondutor.pdf).
- [3] A. D. Aggarwal Harnam Singh. Fatal road traffic accidents among young children.
- [4] Steve Stradling Antony S.R. Manstead Dianne Parker, Robert West. Behavioral characteristics and involvement in different types of traffic accident. 1995.
- [5] Wu Z.h. Pan G. Sun, J. Context-aware smart car: from model to prototype. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A* 10(7), page 1049–1059, Jul 2009.
- [6] Historical Oil Prices, Janeiro 2014. URL [http://inflationdata.com/Inflation/Inflation\\_Rate/Historical\\_Oil\\_Prices\\_Chart.asp](http://inflationdata.com/Inflation/Inflation_Rate/Historical_Oil_Prices_Chart.asp).
- [7] Autoridade nacional segurança rodoviária, Agosto 2014. URL <http://www.ansr.pt/Default.aspx?tabid=424&language=pt-PT>.
- [8] Autoridade Nacional Segurança Rodoviária. Relatório anual 30 dias. 2013.
- [9] Waze, Novembro 2013. URL <http://www.waze.com>.
- [10] Bridget Somekh. Action research: A methodology for change and development. 2005.
- [11] Valsa Koshy. Action research for improving practice: A practical guide. 2005.
- [12] Instituto da Mobilidade e dos Transportes. O projecto eco-condução portugal, Agosto 2014. URL [http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Condutores/Ecoconducao/Documents/Manual\\_EcoConducao.pdf](http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Condutores/Ecoconducao/Documents/Manual_EcoConducao.pdf).
- [13] Takiguchi K. Akamatsu M. Sakaguchi Y., Okuwa M. Measureing and modeling of driver for detecting unusual behavior for driving assistence.

- 
- [14] Okuwa M. Akamatsu M. Kumagai T., Sakaguchi Y. Prediction of driving behavior through probabilistic inference. .
- [15] Akamatsu M. Kumagai T. Modeling and prediction of driving behavior. .
- [16] Karstens D. Kuhler, M. Improved driving cycle for testing automotive exhaust emissions. 1978.
- [17] M. André. Driving cycles development: Characterisation of the methods. 1996.
- [18] Eva Ericsson. Variability in exhaust emission and fuel consumption in urban driving.
- [19] Padmanabhan V.N. Ramjee R. Mohan, P. Nericell. in: Proceedings of the 6th acm conference on embedded network sensor systems. 2008.
- [20] Jinsuk Baek Paul S. Fisher Hyunju Cho, Sangchul Kim. Motion recognition with smart phone embedded 3-axis accelerometer sensor. Out .
- [21] Dekhil M. Kessler R. Griss M. Henderson, ThomasC. Sensor fusion. in b. siciliano, k. valavanis (eds.), control problems in robotics and automation. 1998.
- [22] Lan Hoang Masaru Yariame Ali Kharrazi, Steven Kraines. Advancing quantification methods of sustainability: A critical examination energy, exergy, ecological footprint, and ecological information-based approaches. 2013.
- [23] Dora Marinova Vladislav Todorov. Modelling sustainability. 2010.
- [24] Korea Energy Management Corporation. Energy conservation statistics. 2009.
- [25] Youn-Kyung Lim Heewon Lee, Woohun Lee. The effect of eco-driving system towards sustainable driving behavior. 2010.
- [26] SUSPS Support US Population Stabilization, Janeiro 2014. URL <http://www.susps.org/overview/population.html>.
- [27] Elaine M Murphy. World population: Toward the next century, population reference bureau. Janeiro 1994.
- [28] E. Akin A. Yilmaz H. Eren, S. Makinist. Estimating driving behavior by a smartphone. 2012.
- [29] Pan G Sun J., Wu Z. Context-aware smart car: from model to prototype. Abril 2009.
- [30] P.S. Rau. A heavy vehicle drowsy driver detection and warning system: Scientific issues and technical challenges. 1998.
- [31] Fuel monitor, Novembro 2013. URL <http://fuelmonitorapp.com>.

- 
- [32] Analide C. Rosa L. Felgueiras G. Pimenta C. Silva, F. Ambient sensorization for the furtherance of sustainability. 2013.
- [33] Analide C. Rosa L. Felgueiras G. Pimenta C. Silva, F. Gamification, social networks and sustainable environments. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, pages 52–59, 2013.
- [34] Cedric Pimenta. Aplicação de gamification em ambientes sociais para promover comportamentos a nível da sustentabilidade energética. 2013.
- [35] Gilberto Felgueiras. Social simulation of human behavior in virtual agents for sustainability management platforms. 2013.
- [36] Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, Agosto 2014. URL <http://www.priberam.pt/dlpo/perfil>.