

## **INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia de Eletrónica e  
Telecomunicações e de Computadores**



### **Determinação Dinâmica da Autonomia de um Veículo Elétrico**

**RUI FILIPE FRIAS DO NASCIMENTO**

(Bacharel)

Trabalho Final de Mestrado para Obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Informática e de Computadores

Júri:

Presidente Mestre Vítor Almeida, Professor Adjunto, ISEL – ADEETC

Vogal Professor Doutor José Luís Brinquete Borbinha, Professor Auxiliar, IST

Vogal Professor Doutor João Ferreira, Professor Adjunto, ISEL – ADEETC

**Dezembro de 2012**

# Resumo

As crescentes preocupações com as questões ambientais e os efeitos negativos das emissões gasosas de veículos com motor de combustão interna, têm incentivado o desenvolvimento de soluções alternativas, amigas do ambiente, para a mobilidade das pessoas e bens. Entre estas soluções estão os veículos elétricos, dos quais surgem a motivação deste trabalho.

Tendo em conta que os veículos elétricos continuam a apresentar limitações relacionadas com a autonomia, torna-se necessário permitir aos condutores um planeamento rigoroso da utilização diária do veículo. Neste contexto surgem como opção os sistemas de recomendação, tendo em conta vários casos de sucesso associados à aplicação dos mesmos para filtrar a informação que é realmente útil no contexto de um determinado problema.

A obtenção de informação em tempo real sobre o VE (Veículo Elétrico), tais como a autonomia, localização e reserva dos postos de carregamento é um fator importante na aceitação dos VE pelos consumidores (condutores). Esta informação, tendo em conta os progressos recentes e a proliferação dos dispositivos móveis, sistemas de informação geográfica e de georreferenciação e dos processos de comunicação podem ser integrados, originando informação em tempo real para os condutores, permitindo a mitigação dos problemas referidos e, conseqüentemente, uma melhor utilização do VE.

Neste trabalho é apresentado um sistema de informação que pretende auxiliar o condutor na utilização diária do seu veículo elétrico, maximizando a qualidade das suas decisões num determinado contexto, minimizando o problema da ansiedade de alcance através do controlo contínuo da autonomia do veículo, através da implementação de um cálculo de predição da autonomia e distância possíveis de percorrer a partir de um determinado ponto. Este sistema também permite visualizar de forma atempada a informação relevante sobre os pontos de interesse e de carregamento disponíveis no seu raio de alcance, bem como um conjunto de rotas possíveis para os mesmos.



# Abstract

The growing concerns about environmental issues and the negative effects of gaseous emissions of vehicles with internal combustion engine have encouraged the development of alternative solutions, environmentally friendly mobility of people and goods..

Given that electric vehicles still have limitations related to range, it becomes necessary to allow drivers careful planning of everyday use of the vehicle. In this context recommendation systems emerge as an option, taking into account several success stories associated with their application to filter the information that is really useful in the context of a particular problem.

Obtaining real-time information about the VE, such as autonomy, location and booking of charging stations is an important factor in the acceptance of EV consumers (drivers). This information, taking into account recent developments and the proliferation of mobile devices, geographic information systems and geo-referenced and communication processes can be integrated, giving real-time information for drivers, enabling mitigation of these problems and, consequently, better use of the EV.

This work presents an information system that aims to assist the driver in the daily use of your electric vehicle, maximizing the quality of their decisions in a given context, minimizing the problem of range anxiety through continuous monitoring of autonomy of the vehicle. This system also allows you to view timely relevant information on points of interest and loading available in its range, as well as a set of possible routes for the same.



# Agradecimentos

Gostava de agradecer ao meu orientador, João Ferreira, por ter aceitado este trabalho e pelo entusiasmo demonstrado durante a realização, assim como todo o apoio e ideias.

Queria também agradecer a todas as pessoas, especialmente a todos os amigos e família, que de alguma forma influenciaram o meu percurso académico.



# Índice de Conteúdos

1. Introdução .....	13
1.1. Motivação .....	14
1.2. Objetivos do Trabalho .....	14
1.3. Requisitos .....	15
2. Estado da Arte .....	17
2.1. O Veículo Elétrico .....	17
2.2. Tipos de Veículos Elétricos .....	17
2.2.1. Veículo Elétrico de Baterias .....	18
2.2.2. Veículo Elétrico Híbrido .....	19
2.2.3. Veículo Elétrico de Células de Combustível .....	20
2.3. Modos de Carregamento .....	21
2.3.1. Carregamento Normal .....	22
2.3.2. Carregamento Rápido .....	22
2.3.3. Carregamento por Troca de Bateria .....	22
2.3.4. Carregamento por Indução Magnética .....	23
2.4. Sistemas de Recomendação .....	23
2.4.1. Filtragem Baseada em Conteúdo .....	25
2.4.2. Filtragem Colaborativa .....	26
2.4.3. Filtragem Híbrida .....	27
3. Modelo Conceptual do Sistema .....	29
3.1. Contexto do sistema e integração com sistemas externos .....	29
3.2. Casos de Utilização .....	32
3.3. Funcionalidades .....	35
3.3.1. Interface de Utilização .....	36
3.3.1.1. Autenticação .....	37
3.3.1.2. Criação de Perfil .....	38
3.3.1.3. Atualização de Perfil .....	38
3.3.1.4. Ajuda .....	38
3.3.1.5. Legenda .....	39
3.3.1.6. Histórico .....	40

3.3.1.7.	Localização.....	41
3.3.1.8.	Estado de Carga.....	44
3.3.2.	Informação do Veículo .....	44
3.3.3.	Informação do Dispositivo Móvel .....	45
3.3.4.	Informação de Histórico .....	46
4.	Modelo de Arquitetura .....	47
4.1.	EVA Portal .....	47
4.1.1.	Modelos.....	48
4.1.2.	Vistas.....	50
4.1.3.	Controladores .....	51
4.1.3.1.	About.....	51
4.1.3.2.	Help .....	52
4.1.3.3.	History.....	52
4.1.3.4.	Location.....	52
4.1.3.5.	Login .....	54
4.1.3.6.	Logout .....	54
4.1.3.7.	Register.....	55
4.1.3.8.	State Of Charge .....	55
4.2.	EVA Server.....	55
4.2.1.	Arquitetura da Aplicação .....	56
4.2.2.	Handlers .....	58
4.2.3.	Segurança.....	60
4.2.4.	Base de Dados.....	61
4.2.5.	Predição de Distância e Autonomia.....	64
4.2.5.1.	Integração no EVA Portal .....	73
5.	Cenários de Aplicação.....	79
5.1.	Cenário 1: Dia-a-dia Urbano .....	79
5.2.	Cenário 2: Passeio de Carro.....	82
5.3.	Cenário 3: Carregamento Educativo.....	85
5.4.	Cenário 4: Análise de Histórico.....	88
6.	Conclusão.....	89
7.	Trabalho Futuro.....	91

8. Bibliografia .....	93
Anexo A.....	97



# Índice de Figuras

Figura 1 - Parâmetros possíveis do algoritmo de cálculo.....	15
Figura 2 - Atributos do perfil de utilizador .....	16
Figura 4 - Modos de carregamento conforme a IEC 61851 .....	21
Figura 5 - Tipos de carregamento e velocidade de carregamento.....	22
Figura 6 - Carregamento por Indução Magnética .....	23
Figura 7 - Diagrama de contexto.....	30
Figura 8 - Casos de utilização .....	33
Figura 9 - Modelo funcional.....	36
Figura 10 - Fluxo de autenticação .....	37
Figura 11 - Ecrã de autenticação .....	37
Figura 13 - Ecrã de ajuda .....	39
Figura 14 - Ecrã de legenda.....	39
Figura 15 - Ecrã de histórico .....	40
Figura 16 - Ecrã de localização .....	41
Figura 17 - Ecrã de localização (escolha de camadas).....	42
Figura 18 - Fluxo de escolha das camadas .....	42
Figura 19 - Ecrã de localização (autonomia/meteorologia) .....	43
Figura 20 - Ecrã do estado de carga .....	44
Figura 21 - Padrão MVC.....	48
Figura 22 - Mensagem servidor EVA (resposta) .....	50
Figura 23 - Arquitetura de referência.....	57
Figura 24 - Arquitetura de <i>Handlers</i> .....	58
Figura 25 - Arquitetura de mensagens .....	60
Figura 26 - Modelo de acesso a dados .....	62
Figura 28 - Processamento de evento do veículo.....	65
Figura 29 - Tabela USER_EVENTS.....	66
Figura 30 - Processamento de evento do <i>smartphone</i> .....	67
Figura 31 - Modelos de previsão.....	68
Figura 33 - Predição de distância .....	70
Figura 34 - Predição de autonomia .....	71

Figura 35 - Actualização do <i>Data Mining Model (Control Flow)</i> .....	71
Figura 36 - Atualização do <i>Data Mining Model (Data Flow)</i> .....	72
Figura 37 - Interações para predição de distância .....	73
Figura 38 - Interações para predição de autonomia .....	74
Figura 39 - Modelo do Web Service de predição ( <i>Java</i> ) .....	75
Figura 40 - Modelo do <i>Web Service</i> de predição ( <i>.NET</i> ) .....	76
Figura 41 - Nível de carga.....	80
Figura 42 - Camada de distâncias .....	80
Figura 43 - Camada de estações de serviço.....	81
Figura 44 - Detalhes da estação de carregamento .....	81
Figura 45 - Rota para estação de carregamento .....	82
Figura 46 - Nível de carga.....	83
Figura 47 - Camada de pontos de interesse.....	83
Figura 48 - Camada de distâncias .....	84
Figura 49 - Detalhes do ponto de interesse .....	84
Figura 50 - Rota para ponto de carregamento .....	85
Figura 51 - Nível de carga.....	86
Figura 52 - Camadas de CS, POI e predição de distância.....	86
Figura 53 - Detalhes da estação de carregamento .....	87
Figura 54 - Múltiplas rotas para estação de carregamento.....	87
Figura 55 - Histórico de eventos .....	88

# 1. Introdução

A limitação das reservas de petróleo no planeta expõe a necessidade da procura por energias alternativas e renováveis. Neste cenário a adoção de redes elétricas inteligentes torna-se uma realidade cada vez mais viável, não só como forma de resolver as questões de extinção dos combustíveis fósseis, mas também para suprimir tanto quanto possível os efeitos negativos que estas matérias têm no ambiente.

De forma a ajudar a alcançar estes objetivos, os países europeus, regiões e cidades estão a explorar novas formas de realizar tarefas fundamentais, relacionadas com a deslocação no quotidiano das pessoas. Alguns deles adotaram os veículos elétricos como o facilitador de tais mudanças. Os veículos elétricos oferecem uma experiência de condução superior, com uma aceleração rápida e suave, um ambiente ultra silencioso e menor emissão de gases poluentes, sendo que a sua utilização se torna espetável como parte de um novo paradigma mais sustentável, através da integração inteligente de transportes e de energia.

Assim, em Junho de 2009 surge a Rede de Mobilidade Elétrica (*MOBIE*), uma rede integrada entre vários postos existentes em território nacional, que permite o abastecimento dos veículos elétricos, mediante um cartão de carregamento. A sua principal missão é contribuir para uma mobilidade mais sustentável, maximizando as vantagens e integrando harmoniosamente a energia elétrica, resultante de energias renováveis, no funcionamento e desenvolvimento das cidades. Os pontos de carregamento estão localizados em casa, nas garagens particulares, parques de estacionamento público, parques de estacionamento dos centros comerciais, hotéis, aeroportos, bombas de gasolina e na via pública dos municípios que aderiram à rede piloto. Existem pontos de carregamento rápido (20 a 30 minutos) e pontos de carregamento normal (6 a 8 horas), que permitem uma gestão de acordo com as necessidades e custos associados tendo como referência um determinado perfil de condutor, de forma a maximizar as fontes de energia renováveis e os diferentes preços da energia ao longo das 24 horas do dia.

## **1.1. Motivação**

A introdução de novos conceitos no quotidiano de uma sociedade é tipicamente uma tarefa complexa, variando o grau de dificuldade desta adoção de acordo com um conjunto de fatores, sendo o mais relevante a componente temporal, onde hábitos prolongados tendem a acomodar a sociedade a determinadas rotinas, criando resistência na adoção de novas formas de realizar as mesmas tarefas. Por definição qualquer alteração exige uma janela temporal associada à migração de hábitos, sendo que se torna essencial o suporte que é fornecido a esse processo, de forma a diminuir essa latência, aumentando a probabilidade de aceitação destes novos conceitos e processos.

No contexto dos veículos elétricos, ainda existe alguma ausência de conhecimento por parte da sociedade, sendo que é considerada uma infraestrutura piloto, apesar de estar contemplada a instalação de 1300 pontos de carregamento normal e 50 pontos de carregamento rápido, durante o ano 2011. Esta dispersão de informação requer cada vez mais uma uniformização, oferecendo real benefício palpável aos utilizadores e não apenas motivação por questões ambientais, que em muitos casos passam despercebidas pela sociedade.

Tendo como base os factos anteriormente descritos, faz todo o sentido integrar os conceitos relevantes aos veículos elétricos, de forma a acrescer vantagens económicas e de comodismos, tornando a experiência proporcionada pela utilização destes veículos, intuitivamente vantajosa e desejável.

## **1.2. Objetivos do Trabalho**

Este trabalho tem como objetivo apresentar um sistema que reúne um conjunto de funcionalidades integradas relevantes no contexto dos veículos elétricos, tendo em conta as algumas preferências específicas do condutor. Será também desenvolvido um protótipo funcional, de forma a demonstrar a sua potencial aplicação num conjunto de cenários.

O enfoque principal do trabalho é sobre o tema de redução da ansiedade do condutor,

face à incerteza de durabilidade da carga do veículo. Esta ansiedade é causada pela ausência de mecanismos que permitam de calcular de forma exata a distância possível de percorrer, tendo em conta o estado de carga actual do veículo.

De forma a minimizar a incerteza e consequente ansiedade enunciadas anteriormente, é necessário realizar um cálculo de distância personalizado que irá determinar uma previsão de alcance geral e de rotas otimizadas. Este cálculo pode ser baseado em três tipos de fatores, nomeadamente as características do veículo em si, o comportamento do condutor e o ambiente em que o veículo é utilizado.

<b>Dependência do Veículo</b>	<b>Dependência do Condutor</b>	<b>Dependência do Ambiente</b>
Nível da bateria	Aceleração	Trânsito
Modelo do carro	Velocidade	Temperatura
Tipo da bateria	Peso	Vento
Capacidade da bateria	Comportamento de carregamento	Altitude
Porto de carregamento	Direção	Condição da estrada

Figura 1 - Parâmetros possíveis do algoritmo de cálculo

O sistema implementado tem como preocupação ser compatível com o maior número de plataformas possível e também com o facto de serem dispositivos móveis ou fixos. Desta forma a migração entre diversos contextos tecnológicos torna-se cómoda, sendo reduzido o conjunto de requisitos necessários para utilizar as funcionalidades do sistema.

### 1.3. Requisitos

O sistema desenvolvido será orientado a perfis de utilizadores, com *login* único associado e constituído essencialmente por dois blocos. Os blocos mencionados são respetivamente um portal *online* orientado a dispositivos móveis (funcional em ambiente *desktop*) e um sistema de correlação de eventos históricos.

Propriedade	Descrição
Conta	Nome da conta e palavra-chave
Utilizador	Informação sobre o utilizador referida na Figura 1
Veiculo	Informação sobre o veículo referida na Figura 1
Ambiente	Informação sobre o ambiente referida na Figura 1

Figura 2 - Atributos do perfil de utilizador

O portal é otimizado para dispositivos móveis e vai permitir a qualquer indivíduo, com um dispositivo suportado e credenciais de acesso válidas, verificar o estado da bateria do veículo, consultar pontos de carregamento recomendados, calcular distâncias e rotas possíveis de percorrer com base na carga atual, bem como consultar locais e serviços de interesse na proximidade de um ponto de carregamento.

A consulta do estado da bateria será realizada através da comunicação dos sistemas do veículo com o servidor, a sugestão de pontos de interesse será de acordo com as preferências do utilizador e o cálculo de distâncias e rotas com base num algoritmo que relacionada os eventos passados.

No que diz respeito à consulta dos sistemas do veículo, é pressuposto que existe um módulo proprietário no veículo que reporta informação a um servidor de armazenamento de dados (do sistema a implementar ou da empresa proprietária do sistema), de forma a ser possível otimizar os dados (possivelmente adicionando informação acrescida, ou pela existência de um protocolo próprio ou informação sensível por parte da empresa proprietária dos sistemas de diagnóstico, que tem de ser filtrada antes de ser encaminhada para o servidor do sistema a implementar) e visualizar os mesmos num *browser*.

O sistema de correlação vai servir como fonte de informação para o portal EVA (*Electric Vehicle Assistant*) ou outros futuros potenciais consumidores do serviço e terá como objetivo relacionar os dados atuais e de histórico com diversos fatores associados ao utilizador e um conjunto de outros fatores potencialmente relevantes. Desta forma torna-se possível prever de forma dinâmica, com base em padrões habituais dos utilizadores e até correlacionando fatores entre utilizadores, a distância possível de percorrer e autonomia do VE num determinado instante.

# 2. Estado da Arte

## 2.1. O Veículo Elétrico

Um veículo elétrico envolve propulsão elétrica. Inventado em 1834, foram produzidos inúmeros veículos durante o fim do século XIX e inícios do século XX. As limitações associadas ao armazenamento de energia em baterias e o elevado custo de produção comparativamente aos veículos de motor de combustão interna, originou o desaparecimento dos veículos elétricos do mercado. No início dos anos 70 do século XX, verificou-se novo interesse no seu desenvolvimento, resultado da crise energética existente e das preocupações ambientais a nível mundial.

Presentemente, o maior impulsionador no desenvolvimento de veículos elétricos foi a imposição verificada na Califórnia, exigindo que em 1998, 2% dos veículos ligeiros vendidos por empresas vendedoras de mais de 35 000 veículos por ano, fossem veículos de emissões poluentes nulas (ZEV). Esta percentagem deveria aumentar para 5% em 2001 e para 10 % em 2003, abrangendo então empresas vendedoras de mais de 3000 veículos por ano.

## 2.2. Tipos de Veículos Elétricos

Veículos elétricos de baterias (BEV), veículos elétricos híbridos (HEV), e veículos elétricos de células de combustível (FCEV) são considerados presentemente, os principais tipos de veículos elétricos. Sendo a densidade de energia existente em baterias inferior à da gasolina, o desenvolvimento de células de combustível tem aumentado nos últimos anos. Apesar de mais complexo e dispendioso, o desenvolvimento comercial de veículos elétricos híbridos permitiu o aumento de desempenho e autonomia dos veículos elétricos. De modo a diminuir o custo, têm sido realizados esforços de melhoramento de diversos subsistemas elétricos dos veículos híbridos (motor elétrico, eletrónica de potência, unidades de gestão de energia, baterias).

Os referidos tipos de veículos elétricos encontram-se atualmente em fases distintas de desenvolvimento, enfrentando diferentes desafios e requerendo diferentes estratégias.

A figura em seguida ilustra as principais características destes diferentes tipos de veículos.

Tipos de Veículos Eléctricos	Veículos Eléctricos de Baterias	Veículos Eléctricos Híbridos	Veículos Eléctricos de Células de Combustível
<b>Propulsão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motor Eléctrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motor Eléctrico</li> <li>Motor de Combustão Interna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motor Eléctrico</li> </ul>
<b>Sistema de Energia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bateria</li> <li>Supercondensadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bateria</li> <li>Supercondensadores</li> <li>Motor de Combustão Interna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Células de Combustível</li> </ul>
<b>Fonte de Energia &amp; Infra-Estrutura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia da rede eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Postos de abastecimento de combustível</li> <li>Energia da rede eléctrica (Opcional)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hidrogénio</li> <li>Metanol ou Gasolina</li> <li>Etanol</li> </ul>
<b>Características</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissão poluente nula</li> <li>Independência do petróleo</li> <li>Autonomia de 100-200 Km</li> <li>Elevado custo inicial</li> <li>Disponível comercialmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissão poluente reduzida</li> <li>Longa Autonomia</li> <li>Dependência do petróleo</li> <li>Estrutura complexa</li> <li>Disponível comercialmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emissão poluente nula ou muito reduzida</li> <li>Alta eficiência energética</li> <li>Independência do petróleo</li> <li>Autonomia satisfatória</li> <li>Elevado custo</li> <li>Tecnologia em desenvolvimento</li> </ul>
<b>Principais Questões</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão da bateria</li> <li>Propulsão de alto desempenho</li> <li>Facilidades de carregamento energético</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão de múltiplas fontes de energia</li> <li>Dependente do ciclo de condução</li> <li>Gestão e dimensões da bateria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custo da célula de combustível</li> <li>Processamento de combustível</li> <li>Sistema de reabastecimento de combustível</li> </ul>

Figura 3 - Características de veículos elétricos [35]

### 2.2.1. Veículo Eléctrico de Baterias

O fluxo de energia nos veículos elétricos de baterias ocorre principalmente em cabos elétricos flexíveis, em detrimento das ligações mecânicas verificadas nos veículos de combustão interna, adotando uma configuração de subsistemas distribuídos. A utilização de diferentes sistemas de propulsão implica diferenças na configuração do sistema, assim

como a utilização de diferentes fontes de armazenamento de energia implica diferentes formas de reabastecimento.

Através das entradas de controlo dos pedais de travão e acelerador do veículo, o controlador eletrónico disponibiliza sinais de controlo adequados à ligação e corte dos dispositivos de eletrónica de potência, cuja função incide na regulação do fluxo de energia entre a fonte de armazenamento de energia e o motor elétrico. O sentido inverso de fluxo de energia deve-se à energia regenerativa originada pelo processo de travagem num veículo elétrico, sendo esta armazenada na fonte de armazenamento de energia.

A unidade de gestão de energia colabora com o controlador eletrónico de modo a controlar a recuperação de energia regenerativa de travagem, cooperando igualmente com a unidade de reabastecimento de energia, de modo a controlar o respetivo reabastecimento.

A fonte auxiliar de energia disponibiliza a potência necessária com diferentes níveis de tensão para todos os módulos auxiliares, como o controlo de temperatura e unidade de controlo de direção.

### **2.2.2. Veículo Elétrico Híbrido**

Um veículo elétrico híbrido caracteriza-se por possuir mais do que uma fonte de energia de propulsão, sendo a energia elétrica, no mínimo, uma destas fontes. Verificam-se principalmente as seguintes combinações, no entanto formalizou-se o conceito de veículo híbrido como sendo a combinação do motor elétrico e motor de combustão interna.

- Motor a gasolina de combustão interna – Bateria
- Motor *diesel* de combustão interna – Bateria
- Bateria – Célula de Combustível
- Bateria – Condensadores

A nível de funcionamento, os veículos elétricos híbridos utilizam apenas o motor

elétrico, sempre que a potência deste é suficiente para satisfazer as condições de condução e do terreno. Quando a potência do motor elétrico for insuficiente, recorre-se então ao motor de combustão interna.

No que respeita ao peso, as baterias deverão ser as mais leves possíveis, com o intuito de reduzir a energia utilizada apenas para o transporte destas. O período de tempo de funcionamento em modo elétrico deverá ser o mais longo possível, de modo a reduzir as emissões poluentes provenientes do motor de combustão interna. Deste modo, o desafio na conceção de um veículo elétrico híbrido é a gestão de múltiplas fontes de energia, adotando diferentes configurações.

### **2.2.3. Veículo Elétrico de Células de Combustível**

A célula de combustível (FC) é um dispositivo eletroquímico que converte energia química de uma substância hidrogenada, em energia elétrica. Contrariamente às baterias, produz energia elétrica em vez de a armazenar, sendo alimentada por um combustível e um oxidante. Este método tem como vantagens uma eficiente e fiável conversão de energia elétrica, ruído de funcionamento e emissões muito reduzidas, a recuperação do calor perdido, e rápido abastecimento de combustível.

A célula de combustível é constituída principalmente por um ânodo, um cátodo e um eletrólito. O ânodo é uma interface entre o combustível e o eletrólito, catalisando a reação de oxidação do combustível e conduzindo os eletrões para o circuito exterior. O cátodo fornece uma interface entre o oxigénio e o eletrólito, catalisando a reação de redução do oxigénio, recebendo os eletrões do circuito exterior. Entre o ânodo e o cátodo, o eletrólito realiza o transporte dos iões envolvidos nas reações descritas, impedindo a condução de eletrões.

Entre os diversos combustíveis não poluentes utilizados nas células de combustível, o hidrogénio devido ao seu alto conteúdo energético por unidade de peso, aparenta ser o ideal.

Apesar de se encontrar em abundância no universo, o hidrogénio não existe livre na

Terra e por isso não é um recurso primário, derivando de recursos primários como hidrocarbonetos, metanol e carvão. Na tabela 2.4 estão definidos os conteúdos energéticos de alguns combustíveis utilizados nas células de combustível, incluindo hidrogénio armazenado em diversas formas.

## 2.3. Modos de Carregamento

Atualmente existem quatro modos de carregamento de veículos elétricos, nomeadamente (1) Carregamento Normal; (2) Carregamento Rápido; (3) Troca de Baterias; (4) Carregamento por Indução Magnética.

Durante a noite o carregamento pode ser lento, aproveitando a energia produzida por fontes renováveis nos momentos de menos consumo (que de outra forma seria desperdiçada) e através de carregamentos rápidos durante o dia, de acordo com as necessidades do utilizador.

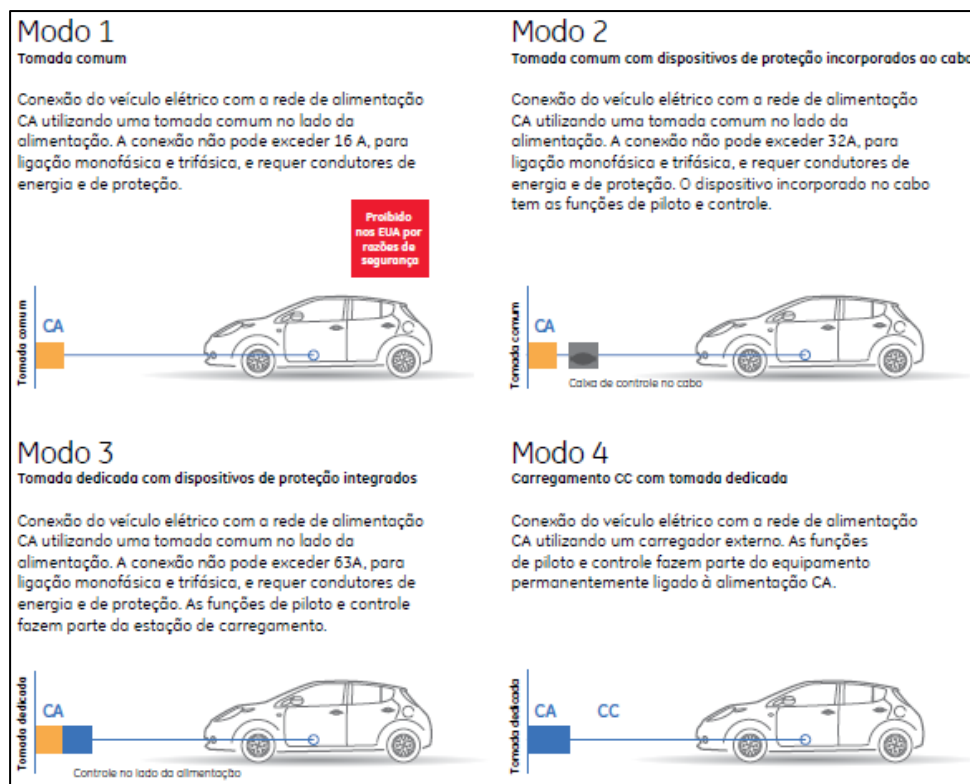


Figura 4 - Modos de carregamento conforme a IEC 61851[10]

### 2.3.1. Carregamento Normal

O carregamento tem uma duração entre 6 a 8 horas, permite o carregamento total da bateria. Estes postos encontram-se situados na via pública, em locais privados de acesso público como parques de estacionamento, centros comerciais e hotéis e ainda em estacionamentos privados em garagem.

Tipicamente a potência disponibilizada por uma tomada para carregamento de veículo elétrico numa habitação privada será de 3,68 kW (230 V, 16 A).

### 2.3.2. Carregamento Rápido

Este modo de carregamento possibilita o carregamento de 80% da bateria em meia hora, ou completamente entre 1 a 2 horas e a sua utilização é semelhante à dos acuais postos de abastecimento de combustíveis. Estes postos estão localizados em áreas de serviço e noutros espaços privados.

O carregamento rápido utiliza igualmente a instalação da rede elétrica mas baseia-se numa tomada trifásica com uma potência que pode em teoria chegar aos 43,5 kW (400 V, 63 A).

Interface	Conector	Modo de Carregamento	Saída Máx.	Cabo	Tempo	Velocidade
Padrão	Padrão	Modo 1	16A / 230V 1P	Comum	8h	Lenta
		Modo 2	Até 32A / 400V 3P	Caixa de controle	1-8h	Rápida
Dedicado	Tipo 1 (EUA)	Modo 3 <sup>II</sup>	Até 32A / 400V 3P	Dedicado	1-8h	Rápida
	Tipo 2 (Alemanha)					
	Tipo 3 (França)					
Universal	Em desenvolvimento	Modo 4	Alta potência	Em desenvolvimento	15min	Ultrarrápida
Indutivo	RF sem fio		~ 16A / 230V	Não há	8h	Lenta
Troca de baterias	Não há			Não há	3min	Instantânea

Figura 5 - Tipos de carregamento e velocidade de carregamento[10]

### 2.3.3. Carregamento por Troca de Bateria

A empresa *Better Place* apresenta uma solução para estações de serviço onde existem

mecanismos automatizados para troca de baterias.

Este processo consiste em o condutor se dirigir a um posto específico onde são retiradas e armazenadas para carregamento as baterias atuais, havendo uma substituição por baterias já carregadas, evitando assim a necessidade de esperar o tempo do carregamento. Este processo de troca tem uma duração inferior a 10 minutos.

### 2.3.4. Carregamento por Indução Magnética

Este tipo de carregamento utiliza uma placa que está colocada no solo para transmitir energia elétrica sem contacto físico, por meio da geração de campos magnéticos e indução eletromagnética, captados por uma segunda placa instalada no veículo, o que permite fornecer energia para abastecer as baterias.

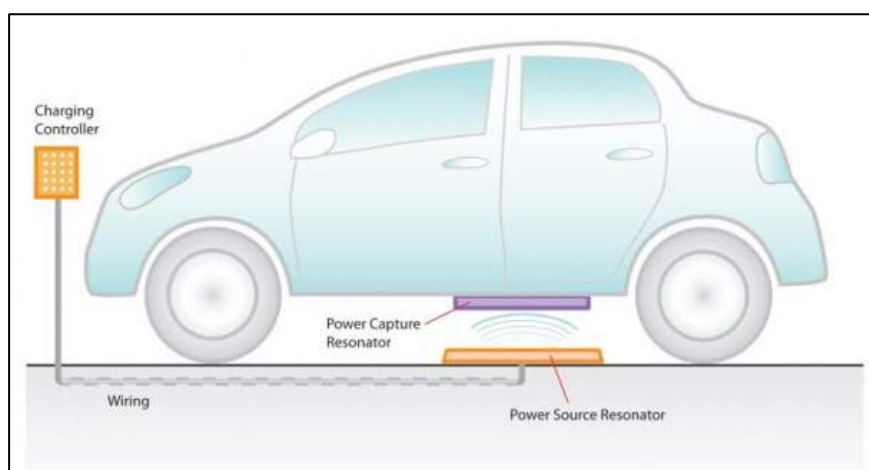


Figura 6 - Carregamento por Indução Magnética[35]

## 2.4. Sistemas de Recomendação

A grande quantidade de conteúdo existente na internet fez surgir a necessidade da criação de ferramentas de auxílio aos utilizadores na pesquisa da informação desejada.

De forma a suprir essa necessidade, inicialmente, foram utilizados sistemas de Recuperação de Informações, como por exemplo, a ferramenta de pesquisa do Google.

Apesar de muito úteis, as ferramentas de pesquisa retornam uma quantidade de informação proporcional à existente na internet, o que muitas vezes obriga o utilizador a realizar uma filtragem manual por resultados realmente relevantes de entre os obtidos.

Para tentar minimizar os problemas de excesso de informação surgiram os sistemas de Recomendação, que é um qualquer sistema que produza recomendações individualizadas, ou que guie o utilizador de forma a apresentar conteúdo de seu interesse de entre uma variedade de opções.

Os dados prévios ou armazenados correspondem ao conjunto de itens que será recomendado, ou seja, os produtos, páginas ou conteúdos que estão armazenados no sistema e que serão indicados ao utilizador.

Os dados de entrada referem-se às informações que o utilizador fornecerá ao sistema para que seja possível a construção do seu perfil. Estas informações podem ser recolhidas de forma explícita ou implícita. A primeira forma geralmente é feita através do preenchimento de um formulário ou questionário que mostre possíveis interesses do utilizador, mas também pode ser feita através da análise de um conteúdo. A segunda é realizada através da análise do comportamento do utilizador, como por exemplo, verificando quais páginas ele navegou, quais produtos visualizou ou comprou, entre outros. A definição de quais informações serão necessárias armazenar é um fator essencial para gerar recomendações que sejam realmente relevantes para o utilizador.

Outro ponto relevante referente à captura dos dados de entrada é a identificação de utilizador. Sem essa identificação o sistema de recomendação passa a “não existir”, já que não se sabe através de que perfil deve ser realizado a filtragem ou indicação do conteúdo existente. É de notar que pode existir uma exceção, caso o *software* utilize dados temporários de um utilizador, como por exemplo a sua localização geográfica. Nesse caso o sistema não está realmente a identificar um utilizador ou a fazer uso de um perfil para realizar a recomendação, mas sim está a analisar dados que o “visitante” da aplicação possui e que pode ser utilizado para cumprir mesmo que parcialmente sua funcionalidade.

Os dados de saída de um sistema de recomendação podem ser uma predição ou uma recomendação. A predição consiste em apresentar um item associado a uma escala que

prediz sua relevância para o utilizador. Um exemplo de Predição ocorre ao apresentar um filme classificado com uma estrela, significando “não recomendado ao utilizador”, enquanto outro possui cinco estrelas representando “altamente recomendado”. A recomendação é representada por uma lista de N itens mais relevantes para o utilizador. A lista costuma apresentar itens não comprados, vistos ou avaliados pelo utilizador.

Ao construir um sistema de recomendação é necessário definir como será feito o processo de recomendação. Para a construção deste processo é necessária a adoção de uma técnica de Filtragem de Informação. A filtragem de informação consiste numa série de processos que envolvem a entrega da informação para quem a necessita. Utilizando a filtragem de informação, o sistema mantém um perfil dos interesses do utilizador e pesquisa continuamente informações que podem ser recomendadas.

Os sistemas de recomendação são geralmente classificados em três categorias de acordo com a técnica de filtragem de informação que utilizam:

- Recomendação baseada em conteúdo ou filtragem baseada em conteúdo;
- Recomendação colaborativa ou filtragem colaborativa;
- Abordagem híbrida ou filtragem híbrida.

Pode ainda ser considerada a existência de mais alguns tipos de filtragem de informação, (1) Filtragem Demográfica; (2) Filtragem Baseada em Conhecimento; (3) Filtragens Baseada em Utilidade, no entanto estas técnicas não são consensuais entre autores sendo que acabam por não ter muita visibilidade quanto a sua utilização nos sistemas de recomendação mais comuns.

### **2.4.1. Filtragem Baseada em Conteúdo**

Esta técnica utiliza preferências (passadas e atuais) de um utilizador específico para recomendar novos itens ao mesmo.

Dependendo do tipo de conteúdo a ser recomendado pode haver maior dificuldade para estabelecer a similaridade. Tratando-se de uma roupa e um brinquedo, por exemplo,

seria necessária a identificação dos atributos (peso, preço, marca, etc.) nos itens a serem comparados, já que não se trata exatamente do mesmo tipo de produto. Caso a comparação seja entre artigos ou documentos textuais, a comparação pode ser facilitada, pois estes itens podem ser considerados similares de acordo com a partilha de termos comuns.

Este tipo de sistemas apresenta algumas limitações, nomeadamente:

- **Análise de conteúdo limitada:** as características do conteúdo devem ser estruturadas de forma que possam ser analisadas automaticamente pelo computador. A extração de características de dados multimédia como vídeo e som, por exemplo, é de difícil aplicação e atribuí-las manualmente torna-se inviável;
- **Superespecialização:** como esta técnica baseia-se na semelhança entre novos itens com aqueles anteriormente avaliados, muitas vezes a recomendação acaba por ficar limitada a fazer recomendações de conteúdo muito semelhante ao que o utilizador já conhece. “Exemplificando: uma pessoa que nunca experimentou comida árabe jamais receberia uma recomendação para ir ao melhor restaurante de comida árabe da cidade”;
- **O problema do novo utilizadores:** tendo avaliado um número pequeno de itens no sistema a recomendação fica pouco precisa, já que esta técnica utiliza o histórico do utilizador;
- **Elasticidade versus plasticidade:** este problema surge quando o perfil de um utilizador já está consolidado, por possuir um longo histórico de avaliações. Caso um utilizador que gosta de churrasco se torne vegetariano, ele vai continuar a receber recomendações relacionadas a churrasco, até que tenha feito novas avaliações suficientes para alterar o seu perfil.

## 2.4.2. Filtragem Colaborativa

A filtragem colaborativa difere da filtragem baseada em conteúdo, tendo em conta que

não exige a compreensão dos itens a serem recomendados. Nesta técnica a semelhança entre utilizadores é utilizada para gerar uma recomendação. Por exemplo, o utilizador X define suas preferências e, a partir deste momento, o sistema pesquisa utilizadores com perfil semelhante. Considerando que essa pesquisa tem como resultado o utilizador Y, o sistema recomendará para o utilizador X os mesmos itens.

A filtragem colaborativa pode oferecer um grau de surpresa maior ao utilizador do que a filtragem baseada em conteúdo. A surpresa pode ocorrer na recomendação de itens não imaginados pelo utilizador, mas que se encaixam no seu perfil. Este tipo de recomendação pode ser visto, por exemplo, num sistema que indique o *download* de músicas. O sistema pode perceber que a música M do grupo G está muito bem avaliada por utilizadores que se interessam pelo género rock, mas não está presente no perfil do utilizador X. Mesmo não tendo demonstrado interesse especificamente pelo grupo G, o utilizador X receberá a recomendação da música, já que seu perfil é semelhante aos do grupo interessado por rock.

Alguns problemas apresentados pela recomendação colaborativa são:

- **Problema do primeiro avaliador:** itens que não foram avaliados não estão relacionados a nenhum perfil, logo não serão recomendados até que recebam uma avaliação;
- **Problema de pontuações esparsas:** quando existem poucos utilizadores no sistema torna-se mais difícil encontrar semelhanças entre perfis.
- **Similaridade:** alguns utilizadores podem apresentar um gosto muito diferente da maioria dos membros do sistema, com isso o sistema terá dificuldades em encontrar itens que devam ser recomendados.

### 2.4.3. Filtragem Híbrida

Esta técnica é a combinação de dois ou mais tipos de filtragem. A filtragem híbrida tem o objetivo de utilizar os pontos fortes de outras técnicas para minimizar as limitações apresentadas pelo uso de apenas uma abordagem. É comum considerar esta técnica apenas

como sendo a combinação exclusiva da filtragem baseada em conteúdo com a colaborativa.

O sistema implementado apresenta uma filtragem híbrida, tendo em conta que apresenta bons resultados para utilizadores pouco comuns, é independente do número de utilizadores, estabelece relações entre utilizadores e baseia-se em recomendações baseadas num histórico de ações.

# 3. Modelo Conceptual do Sistema

O sistema de recomendação EVA (*Electric Vehicle Assistant*) é um sistema de apoio aos utilizadores de veículos elétricos.

Este sistema apresenta um conjunto de funcionalidades úteis no contexto dos veículos elétricos, nomeadamente agregação de todos os eventos associados a um utilizador e com base nessa informação disponibiliza de forma gráfica a informação mais relevante, como por exemplo o histórico de carga e qual a previsão da autonomia para a carga atual do veículo.

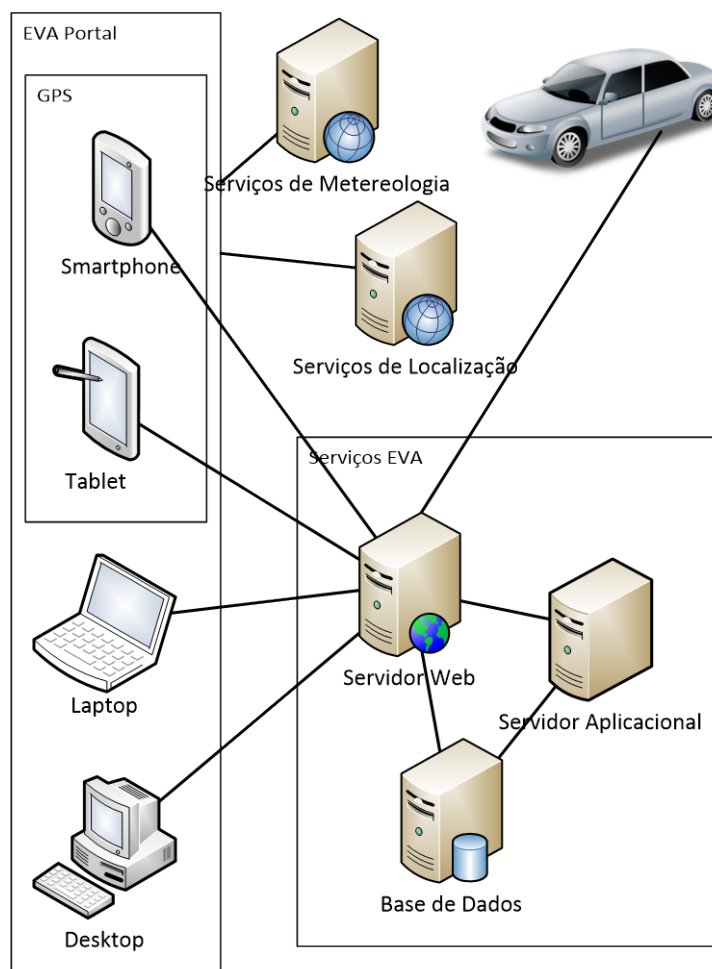
Também faz parte das funcionalidades da aplicação, uma componente de gestão de interesses pessoais no que diz respeito a pontos de referência geográficos, nomeadamente apresenta num mapa qual a localização atual, os pontos de interesse de acordo com o perfil do utilizador e as várias estações de carregamento e características das mesmas. É também possível obter vários tipos de trajetos para os pontos referidos no mapa, bem como calcular as distâncias associadas.

O sistema está pensado tendo por base duas fontes de informação. Um equipamento embebido no veículo, que reporta periodicamente informação sobre o mesmo, como o nível de autonomia, velocidade, aceleração entre outros parâmetros relacionados com o funcionamento atual. A outra fonte de dados é um qualquer dispositivo móvel que tenha GPS (*Global Positioning System*) e suporte a norma de conteúdos de internet HTML5, sendo que esta envia regularmente a informação do posicionamento geográfico.

## 3.1. Contexto do sistema e integração com sistemas externos

O sistema em questão tem como principal objetivo integrar um conjunto de serviços externos, que disponibilizam funcionalidades específicas, para que seja possível disponibilizar um conjunto de informação útil ao utilizador, não negligenciando a qualidade da mesma. Na figura seguinte encontra-se representado o modelo conceptual de

colaboração dos vários serviços com os quais a EVA interage.



**Figura 7 - Diagrama de contexto**

A informação de referência dos pontos de interesse e estações de carregamento é inserida no modelo de dados de forma desacoplada das fontes de informação da mesma, tendo em conta que se considera relevante a potencial filtragem destes dados de acordo com algum tipo de critério. Desta forma o processo de importação desta informação deverá ser feito por meio que outra ferramenta auxiliar, que importa para uma área intermédia para validação e aprovação e posteriormente inserção no modelo de dados EVA. Esta abordagem tem também a vantagem de otimizar a interação com o sistema fonte, tendo em conta que os dados são importados diretamente, sendo que todo o processamento necessário sobre os dados é realizado localmente, minimizando assim o tempo necessário para extrair a informação necessária.

- **EVA Portal** – Consiste na página que representa a aplicação, juntamente com a enumeração do ecossistema de dispositivos que conseguem apresentar corretamente os conteúdos da mesma.
  - **GPS** – Representa o agrupamento de dispositivos que têm a capacidade de reportar coordenadas geográficas.
    - **Smartphone** – Inclui todos os telefones que conseguem suportar a norma HTML5.
    - **Tablet** – Inclui todos os dispositivos *tablet* que suportam a norma HTML5.
  - **Laptop** – Computadores portáteis com um *browser* que suporta HTML5. Neste tipo de dispositivos tipicamente não está disponível a exposição da localização geográfica.
  - **Desktop** – Computadores de secretária com um *browser* que suporta HTML5. Neste tipo de dispositivos tipicamente não está disponível a exposição da localização geográfica.
- **Serviços EVA** – Conjunto de serviços que constituem a componente servidor da aplicação EVA. Estes serviços disponibilizam a maioria de negócio necessária para o portal.
  - **Servidor Web** – Servidor que contém todos os recursos do portal, bem como toda a lógica de segurança associada à gestão de utilizadores e armazenamento de eventos.
  - **Servidor Aplicacional** – Esta componente é responsável por agregar toda a informação de eventos e com base nessa informação efetuar previsões relacionadas com as distâncias possíveis de percorrer com a carga atual. Esta componente executa periodicamente de forma a ajustar o modelo de predição aos eventos novos.

- **Base de Dados** – Suporte de armazenamento para ambos os servidores *Web* e *Data*. Este tipo de estrutura é necessária tendo em conta a volumetria espetável para os eventos dos utilizadores. O modelo de dados adotado também é necessário tendo em conta os algoritmos de *Data Mining* utilizados.
- **Serviços de Localização** – Servidores que disponibilizam os conteúdos associados a localização. Estes conteúdos consistem dos mapas do terreno, a possibilidade de representar locais no mapa e calcular rotas, distâncias e informação sobre pontos geográficos.
- **Serviços de Meteorologia** – Toda a informação relacionada com condições meteorológicas são disponibilizados por este tipo de servidores, desde temperaturas, precipitações, velocidade e direção do vento, entre outros indicadores relacionados com este tipo de métricas.

### 3.2. Casos de Utilização

O sistema EVA tem como principal objetivo auxiliar os utilizadores de veículos elétricos e como tal foi pensado para que a interação com o mesmo seja simples e intuitiva. A conceção do sistema teve em especial atenção maximizar o nível de automatização, ou seja, tanto quanto possível tentar minimizar a necessidade de interação por parte do utilizador, desde questões de configuração e depois em fase de execução.

Tendo em conta que o sistema foi desenvolvido em ambiente internet, não é possível comandar determinadas funções do dispositivo a partir do *browser*, como por exemplo evitar que o ecrã se apague por *timeout*, ou ativar o módulo de GPS do dispositivo. Torna-se então necessário da parte do utilizador garantir as condições necessárias ao bom funcionamento do mesmo. Como ponto positivo deste tipo abordagem *web*, temos o facto de ser um ambiente de execução mais seguro, sendo que logo à partida fica mais isolado de todas as funcionalidades *core* do sistema operativo do dispositivo. Outra questão positiva já referida anteriormente é o facto de o HTML5 permitir a compatibilidade com um grande número de plataformas, sendo que para além do suporte para esta norma apenas

é necessário que o *browser* suporte a plataforma *Webkit*, algo que atualmente alguns dos browsers mais conhecidos suportam, como é do caso do *Google Chrome*, *Safari* e *Android*.

As diversas funcionalidades consideradas para o sistema EVA, encontram-se sintetizadas no diagrama de casos de utilização apresentado na figura seguinte.

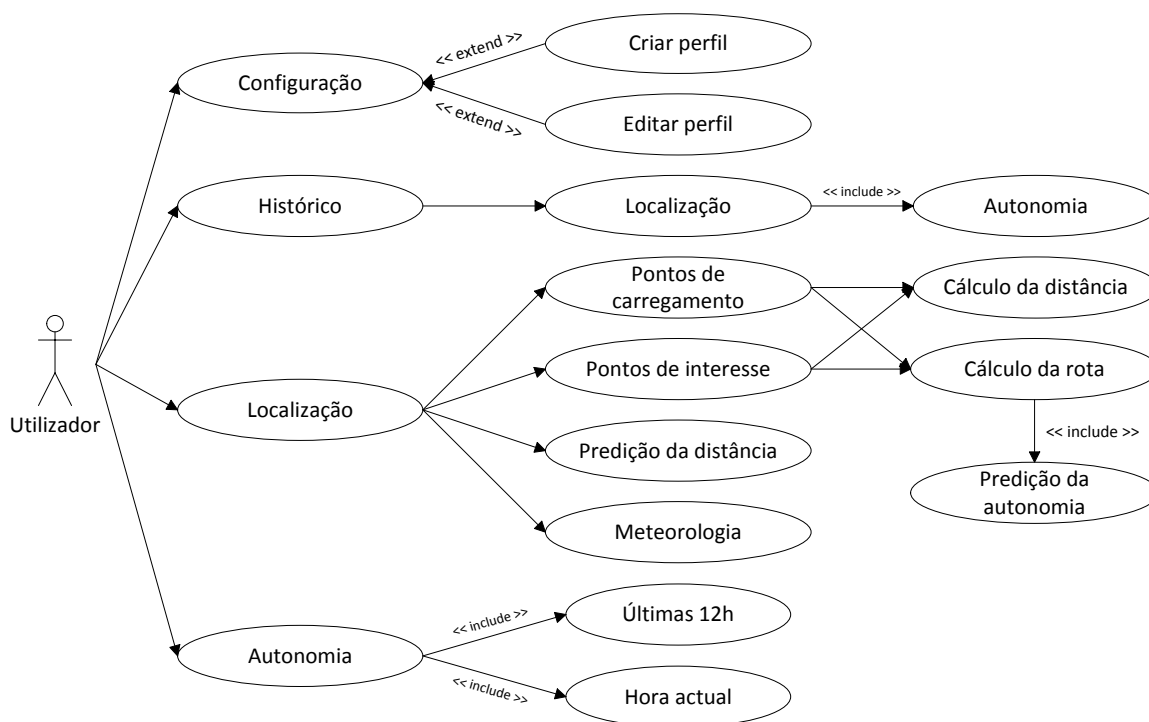


Figura 8 - Casos de utilização

Todos os casos de utilização foram pensados tendo em conta o ponto de vista do utilizador, ou seja, de um conjunto de funcionalidades candidatas foram selecionadas para implementar as representadas, sendo descritas em seguida.

- **Configuração** – De forma a utilizar a aplicação é necessário configurar as opções de sistema, nomeadamente a informação sobre o perfil de utilizador.
  - **Criar perfil** – O utilizador cria um novo perfil indicando informação como o nome e informação de caracterização de gostos e preferências.
  - **Editar perfil** – O utilizador pode atualizar toda a sua informação de perfil, à exceção do nome da conta e da palavra-chave associada.

- **Histórico de eventos** – O portal EVA envia periodicamente informação para o servidor de suporte, que guarda toda a informação coerente na base de dados. O utilizador tem a possibilidade de rever informação sobre vários tipos de eventos passados, de acordo com a data selecionada no ecrã de histórico.
  - **Localização** – Os eventos correspondentes à data selecionada aparecem no mapa, ligados por uma rota que serve apenas como auxílio visual para perceber a ordem cronológica dos eventos.
    - **Morada do evento** – Associado a cada evento estão as coordenadas geográficas, sendo que quando é selecionado um evento concreto são traduzidas as coordenadas para uma morada específica, tornando a análise de eventos mais clara, dada a representação textual ser mais significativa do ponto de vista de perceção.
    - **Autonomia** – Cada evento tem a informação do estado de carga na altura do registo, sendo que esta é representada com uma cor de acordo o estado de carga de forma a melhorar a perceção, concretamente a correspondência é { vermelho, >10 amarelo, >30 verde }.
- **Localização** – O ecrã mais relevante do sistema é o de localização, sendo que é possível através deste visualizar a localização atual, os pontos de interesse e carregamento, bem como traçar rotas para os mesmos. É também possível obter uma representação gráfica de indicadores como a previsão de distância para a autonomia atual e para a meteorologia.
  - **Pontos de carregamento** – O utilizador interage com um ponto de carregamento de forma a obter uma descrição detalhada sobre o mesmo e opcionalmente pode pedir para calcular a distância da sua localização atual até este ponto, ou então para traçar uma rota.
  - **Pontos de interesse** – O utilizador interage com um ponto de interesse de forma a obter uma descrição detalhada sobre o mesmo e opcionalmente pode

pedir para calcular a distância da sua localização atual até este ponto, ou então para traçar uma rota.

- **Predição da distância** – Através da escolha da opção para calcular uma previsão da distância possível de alcançar, são representadas no mapa três zona de classificação, desde uma zona de confiança até uma zona de incerteza de autonomia.
- **Meteorologia** – O utilizador seleciona para incluir a camada respetiva à meteorologia, sendo representado no mapa vários indicadores desta natureza.
- **Autonomia** – Este último ecrã permite ao utilizador visualizar e comparar a evolução do estado da autonomia ao longo do dia atual.
  - **Representação gráfica** – De forma a tornar a informação mais direta, a representação dos valores de autonomia é realizada num conjunto de gráficos.
    - **Últimas 12h** – Representação num gráfico de barras da evolução do estado de carga, durante as últimas 12h do dia atual.
    - **Hora atual** – É realizada a representação da autonomia atual através da utilização de outro tipo de gráfico, um manómetro, de forma a tornar imediatamente evidente a classificação do nível de autonomia em questão.

### 3.3. Funcionalidades

O sistema EVA apresenta um conjunto de várias funcionalidades, sendo que algumas consistem na agregação e adaptação de funções de serviços já existentes, enquanto outras são funcionalidades próprias, como é o caso do cálculo da estimativa de autonomia.

As várias funcionalidades do sistema são parametrizadas com base na informação fornecida pelo utilizador, pelo dispositivo móvel e pelo veículo. Em alguns casos é

necessário o cruzamento de dados destes três tipos de informação, enquanto noutros é possível utilizar o sistema apenas como ferramenta de consulta.

A figura a seguir representa de forma geral o funcionamento do sistema EVA, no que diz respeito às interações com as várias componentes.

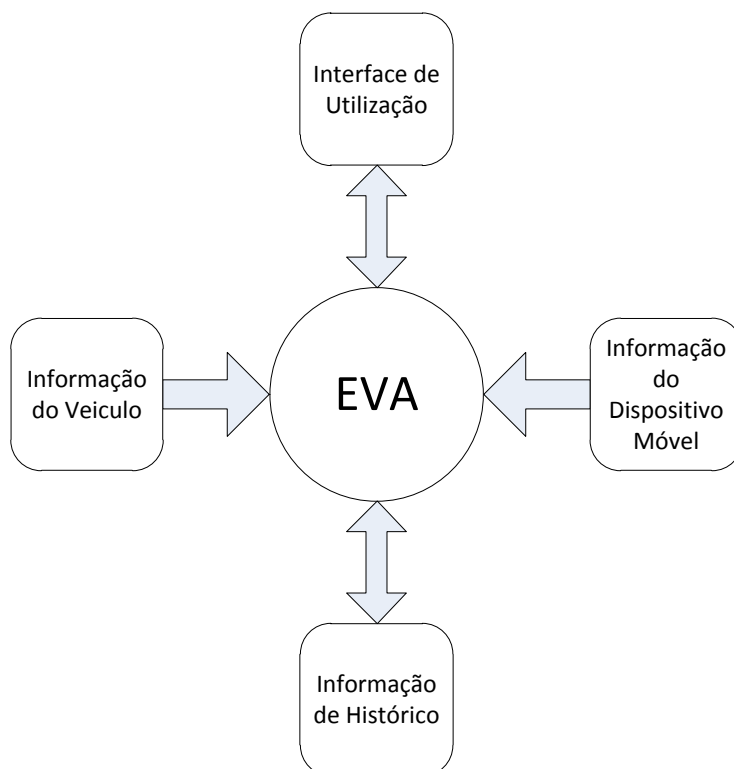


Figura 9 - Modelo funcional

### 3.3.1. Interface de Utilização

Esta funcionalidade representa a componente com a qual o utilizador interage, concretamente é um portal desenvolvido em ambiente *web*, e acessível a partir de qualquer dispositivo que tenha um *browser* com capacidade HTML5 e *WebKit*.

Os vários diagramas de fluxo e figuras apresentadas em seguida demonstram a várias interações possíveis com o portal EVA.

### 3.3.1.1. Autenticação

De forma a poder utilizar a aplicação é necessário realizar a respectiva autenticação do utilizador. Este procedimento é necessário tendo em conta que existem um conjunto de parâmetros associados ao utilizador bem como é necessário associar todos os dados recolhidos ao mesmo.

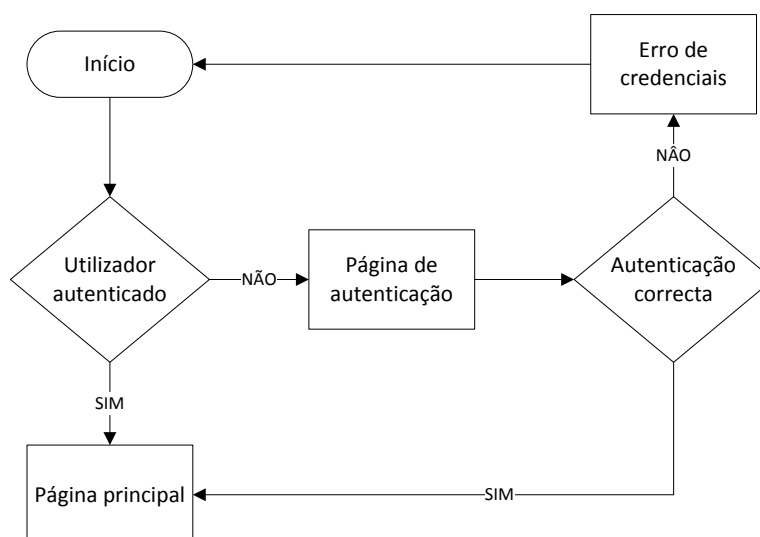


Figura 10 - Fluxo de autenticação

A autenticação baseia-se num esquema simples constituído por o nome da conta e a palavra-chave associada. É possível ter uma autenticação persistente, desde que seja seleccionada a opção “Remember”. Em seguida está representado na figura o ecrã de autenticação.

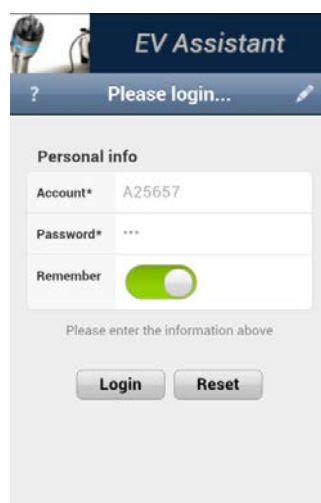
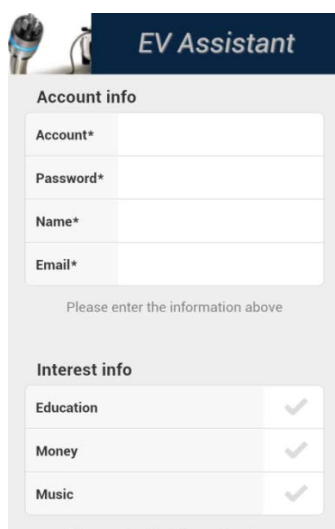


Figura 11 - Ecrã de autenticação

### 3.3.1.2. Criação de Perfil

No caso do utilizador ainda não ter uma conta criada é possível criar a mesma a partir do portal. A criação da conta consiste em associar um conjunto de preferência à conta associada ao utilizador. Esta operação está representada na figura em seguida.



Account info	
Account*	<input type="text"/>
Password*	<input type="password"/>
Name*	<input type="text"/>
Email*	<input type="text"/>

Please enter the information above

Interest info	
Education	<input checked="" type="checkbox"/>
Money	<input checked="" type="checkbox"/>
Music	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 12 - Ecrã de criação de conta

### 3.3.1.3. Atualização de Perfil

É possível o utilizador atualizar quase toda a informação em relação ao seu perfil, exceto o nome da conta e a palavra-chave.

A edição do perfil é realizada na mesma página da criação, sendo que a forma como se distinguem as duas operações é pelo facto de a conta já existir anteriormente ou ser uma conta nova.

### 3.3.1.4. Ajuda

Em caso da necessidade de esclarecimentos é disponibilizado um ecrã onde são referidos os dados das entidades autorizadas à prestação do serviço de suporte. Em seguida a figura do ecrã referido anteriormente.

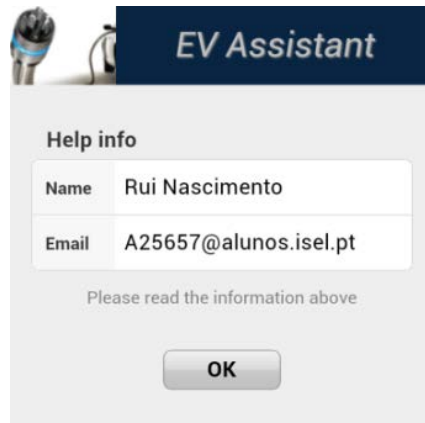


Figura 13 - Ecrã de ajuda

### 3.3.1.5. Legenda

O portal inclui algumas figuras, nomeadamente na representação de diferentes tipos de objetos no ecrã de localização. Este ecrã de legenda apresenta a descrição de cada uma das imagens associadas a esses objetos, tornando claro o significado das mesmas quando apresentadas no mapa ou outro qualquer sítio da aplicação.

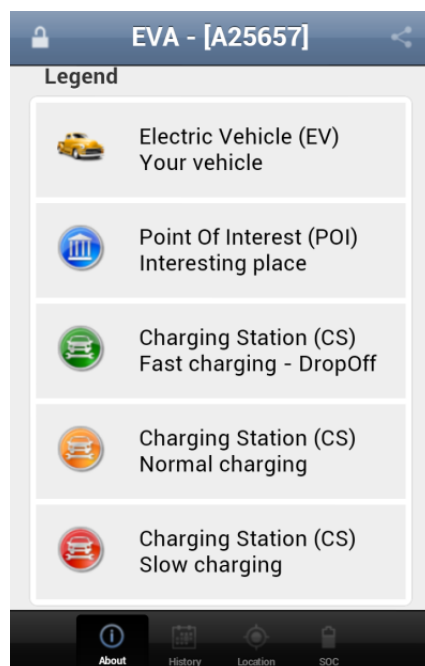


Figura 14 - Ecrã de legenda

### 3.3.1.6. Histórico

Tendo em conta que a aplicação guarda todos os eventos relevantes de forma persistente, é possível visualizar o histórico de eventos, nomeadamente a sua localização e autonomia do veículo nesse momento. Todos os eventos apresentados neste ecrã são contextualizados por uma conta de utilizador e a data do dia selecionado para análise. Do ponto de vista do utilizador é interessante analisar eventos passados, desde verificar qual a cadência de variação de autonomia do veículo, como confirmar em que local se encontrava numa determinada altura do dia, e inclusive analisar a qualidade das predições e criticar as mesmas. Em seguida encontra-se representada a figura do ecrã de histórico.

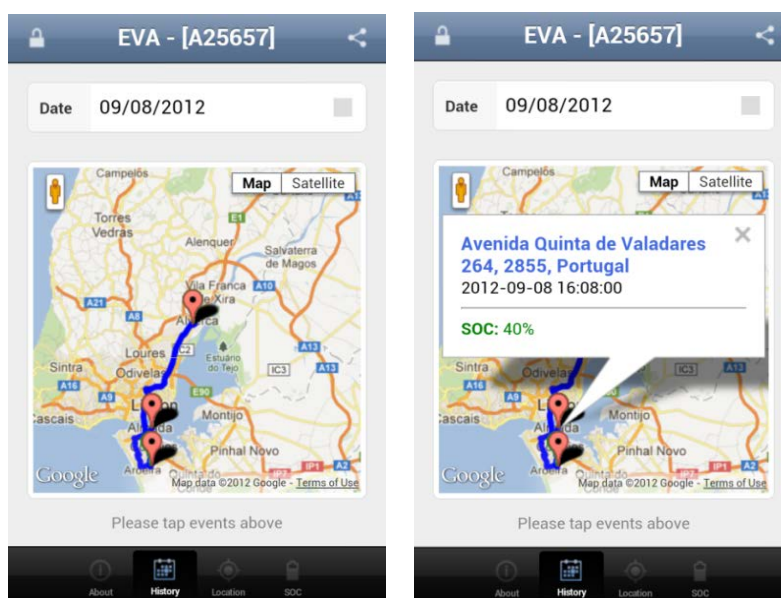


Figura 15 - Ecrã de histórico

Todos os eventos de histórico são orientados a uma marca temporal do dia com precisão até ao segundo e à localização geográfica onde ocorreu o evento.

A localização geográfica é representada pela latitude e longitude. É possível obter a morada associada a essas componentes representativas da localização, onde para isso apenas é necessário interagir com cada evento a partir do toque no mesmo.

É possível visualizar informação de vários tipos de eventos na lista simultaneamente, que pode ser útil para comparar algum tipo de informação entre eventos.

### 3.3.1.7. Localização

Este é o ecrã principal do portal EVA, tendo em conta que a partir deste é possível visualizar a localização exata no mapa e comparar a mesma com os pontos de interesse e carregamento. É possível interagir com os vários sítios marcados no mapa, sendo que as ações possíveis podem ser desde apenas visualizar informação sobre o mesmo, calcular a distância do mesmo, ou traçar uma rota para o mesmo. A posição no mapa é atualizada ao segundo, algo que permite a utilização do portal para navegação, tendo em conta que é possível seguir os trajetos traçados com precisão.

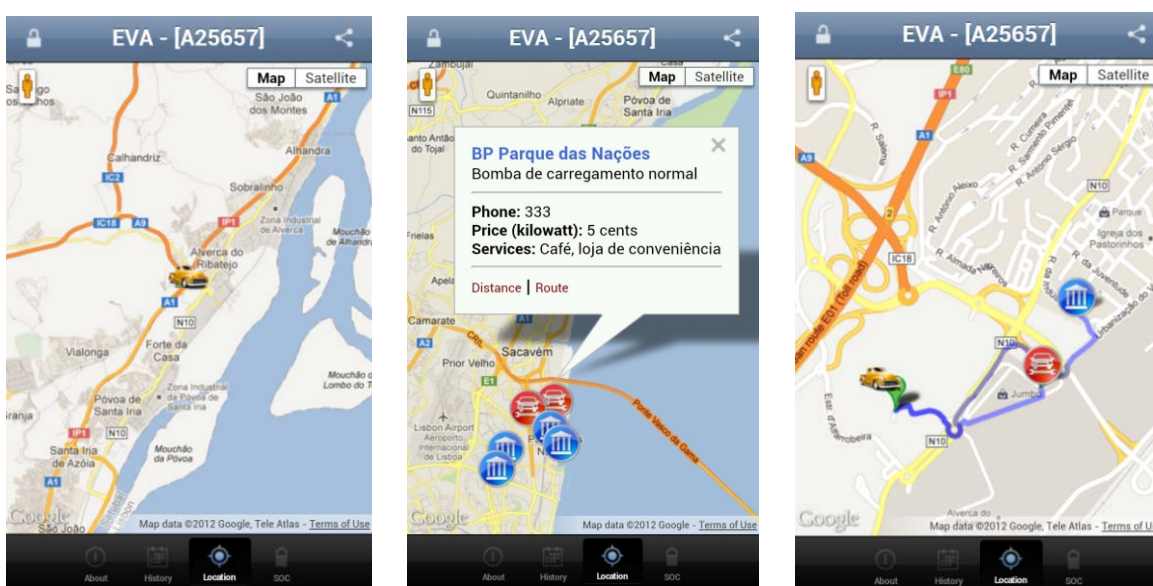


Figura 16 - Ecrã de localização

O estado inicial deste ecrã consiste em apresentar o mapa e a localização atual do veículo. De forma a expor as várias componentes que assentam sobre o mapa é necessário adicionar camadas ao mesmo, algo que pode ser realizado a partir do menu de “layers” que está disponível no menu de opções do ecrã (ícone no canto superior direito do ecrã). A forma como está implementada a gestão de camadas é baseada num esquema de *toggle*, onde as camadas são apresentadas ou removidas consoante a opção está ou não selecionada. Não existe a persistência de estado, o que significa que quando é desativada e reativada uma camada não existe “memória” sobre ações realizadas anteriormente. Em seguida as figuras que demonstram o processo de seleção de camadas e o diagrama de fluxo para o esquema de *toggle* de camadas.

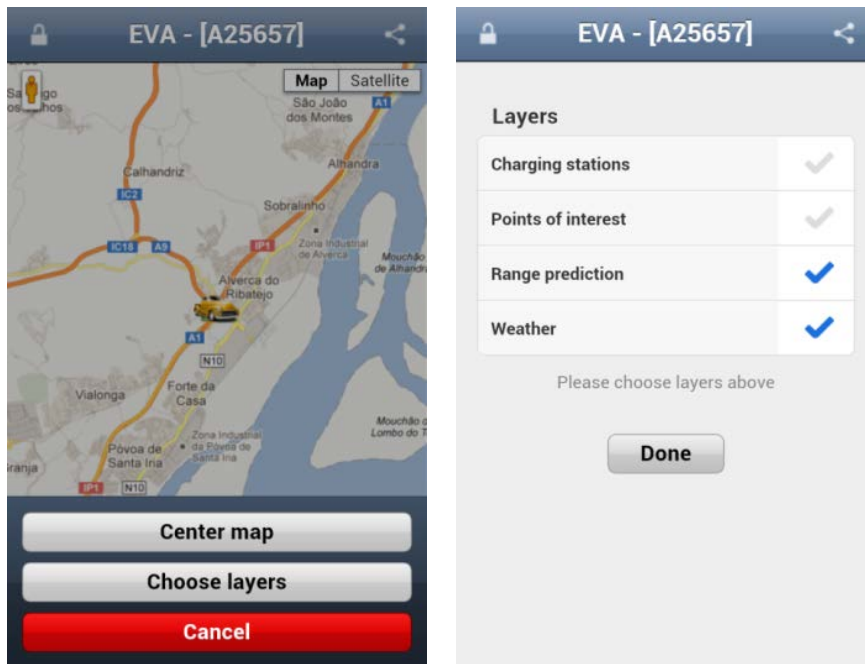


Figura 17 - Ecrã de localização (escolha de camadas)

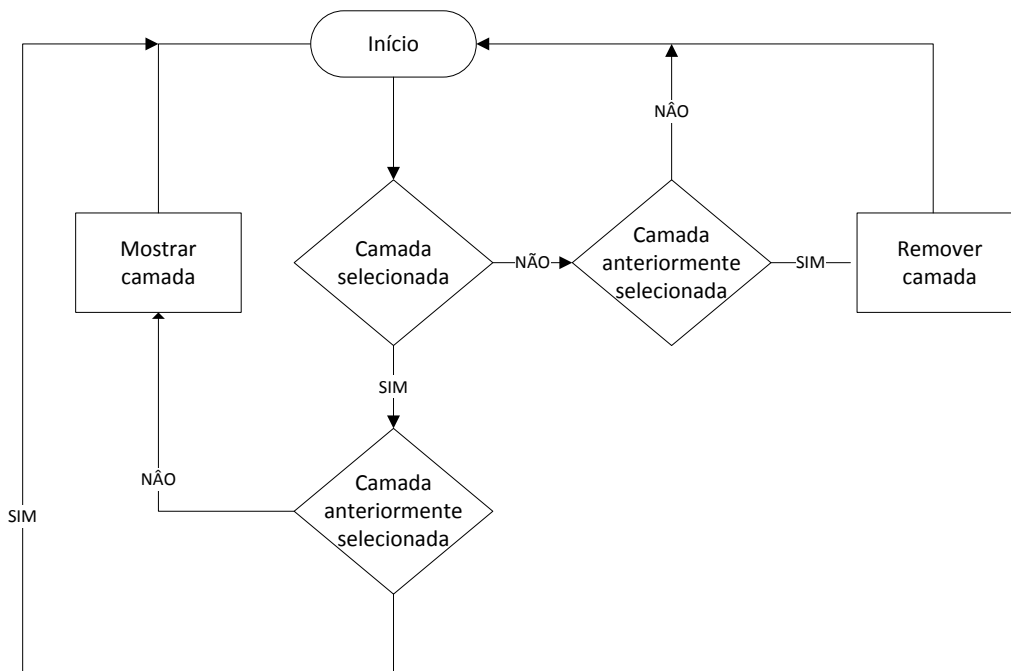


Figura 18 - Fluxo de escolha das camadas

A escolha da camada de previsão de autonomia interage com o modelo de previsão implementado, de forma a avaliar a mesma com base em todo o histórico do utilizador. A representação do resultado é em forma de circunferências, sendo que a cor verde simboliza uma zona em que a autonomia é garantida, amarela que é limitada e a vermelha não garantida.

Através da apresentação das camadas de pontos de carregamento, de interesse e previsão de autonomia é possível perceber que o sitio pretendido se encontra a uma distância considerada viável de efetuar. É de notar que a camada de previsão de autonomia não se vai ajustando com o deslocamento da viatura, mas sim esta ação de predição terá de ser desencadeada manualmente pelo utilizador, através da introdução da camada em questão, ou selecionando a opção de “Reload layers” a partir do menu de seleção de camadas.

Em relação à escolha de uma representação circular em vez de um polígono, esta teve como motivação diminuir a complexidade algorítmica do lado da aplicação cliente já que o polígono iria obrigar a calcular várias rotas a partir do ponto atual, reduzir a comunicação com os servidores de localização porque o cruzamento entre a distância e os caminhos seria realizado pelos mesmos e até porque nem sempre é atual a informação cartográfica das estradas o que poderia tornar a representação gráfica deformada.

Existe também uma camada de meteorologia, que apresenta no mapa as características do clima, nomeadamente previsão de temperaturas e uma camada de nuvens. É possível interagir com os ícones de meteorologia de forma a ver previsão do resto da semana.

As figuras em seguida demonstram a representação de todas as camadas, incluindo informação mais detalhada sobre a previsão de condições climatéricas, bem como que se torna mais explícita a relação entre a previsão da distância possível de percorrer dada a autonomia e uma determinada localização no mapa.



Figura 19 - Ecrã de localização (autonomia/meteorologia)

### 3.3.1.8. Estado de Carga

Neste último ecrã é possível visualizar a evolução recente do estado de carga, concretamente é apresentado um gráfico que mostra o estado de carga das últimas doze horas do dia e um gráfico como estado de carga atual.

Em ambos os gráficos o valor que é apresentado é o da última leitura bem-sucedida de cada uma das horas representadas. Em seguida figura que demonstra o estado de carga do veículo para um ciclo de doze horas, bem como as opções do ecrã.

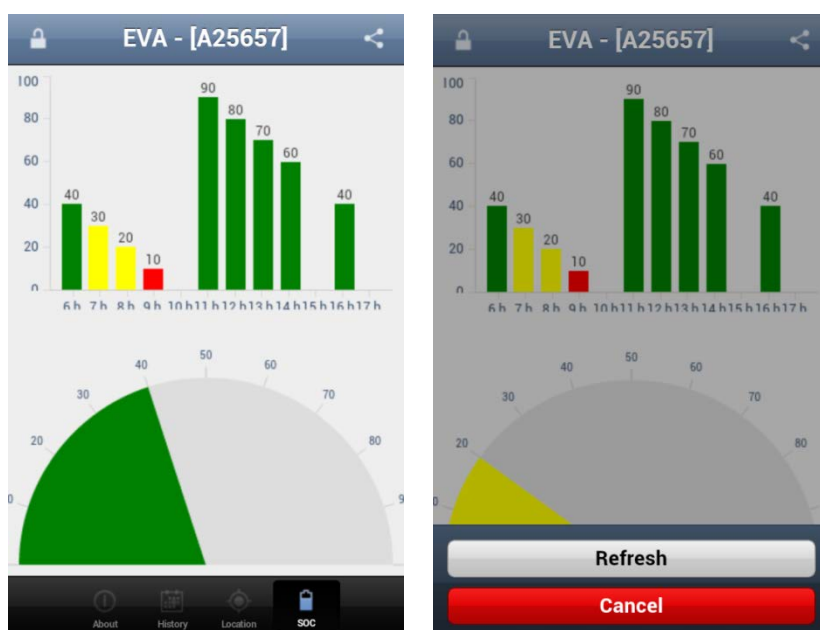


Figura 20 - Ecrã do estado de carga

### 3.3.2. Informação do Veículo

De forma a ser possível calcular a predição de autonomia de um veículo é necessário extrair um conjunto de métricas. Esses valores dizem respeito a valores como o estado de carga da bateria, a aceleração, a velocidade, a temperatura, entre outros possíveis.

Tendo em conta o que foi dito anteriormente, associado ao sistema existem várias fontes que fornecem dados, sendo que cada uma delas disponibiliza dados de uma natureza diferente. Atualmente é considerada informação sobre o estado do veículo,

localização do mesmo, bem como informação associada ao contexto da localização.

Desta forma foi considerado que a localização seria da responsabilidade do dispositivo móvel e não do veículo, tendo em conta que assim se torna desnecessária a existência de um equipamento GPS embebido no veículo e até porque a função de GPS é atualmente muito comum em todos os dispositivos móveis.

Os requisitos para o módulo embebido no veículo resumem-se a ter a capacidade de extrair a informação necessária dos sistemas do veículo e que tenha uma ligação à internet.

Esta separação também teve em conta o facto de assim ser possível utilizar algumas das funcionalidades da aplicação que apenas necessitam de ter acesso à posição geográfica.

### **3.3.3. Informação do Dispositivo Móvel**

O dispositivo móvel representa o suporte para todas as funcionalidades da aplicação EVA, tendo em conta que é responsável por enviar periodicamente a sua localização para o servidor e alguma informação adicional gerada pela aplicação. Através de uma ligação à internet é possível interagir com os mais diversos serviços *online*, atualmente de localização e meteorologia que permitem enquadrar uma representação do veículo no mapa, bem como outras informações visuais e não visuais necessárias para a manutenção de vários indicadores da aplicação.

Em termos de requisitos do dispositivo móvel, é necessário apenas que este tenha GPS, acesso à internet e um *browser* com suporte para HTML5 e *WebKit*, que atualmente são duas plataformas suportadas pelos *browsers* mais conhecidos (*Google Chrome*, *Safari*, *iOS*, *Android*).

### **3.3.4. Informação de Histórico**

A informação de histórico é essencial para a estimação da autonomia do veículo, sendo que através desta é possível perceber padrões associados à forma como cada um dos indicadores recolhidos dos vários sistemas influenciam a evolução do estado de carga da viatura. Tendo em conta a importância desta informação é necessário ter a capacidade armazenar e aceder à mesma de forma eficiente e segura. Desta forma toda a informação de histórico é gerida pelo servidor EVA que interage com uma base dados, persistindo os dados no formato mais adequado às necessidades do sistema e requisitos do mesmo.

# 4. Modelo de Arquitetura

O sistema EVA (*Electric Vehicle Assistant*) é um sistema que está dividido em três componentes, o Portal, o Servidor Web e o Servidor Apicacional.

A maior parte das tecnologias envolvidas na implementação deste sistema são de código aberto, a única exceção é componente de algoritmos de predição, que assenta em tecnologias Microsoft.

## 4.1. EVA Portal

A componente de interface com o utilizador é baseada em tecnologias *web*, nomeadamente nas plataformas *Sencha Touch* e *Sencha Touch Charts*, que disponibilizam um conjunto de bibliotecas *Javascript* que permitem de forma mais cómoda e estruturada construir aplicações robustas e com uma aparência bastante apelativa. Esta plataforma assenta sobre a norma HTML5 e a plataforma *WebKit*.

A utilização da plataforma *Sencha Touch* pressupõe seguir o padrão de programação MVC (*Model View Controller*), onde a lógica é implementada em três categorias distintas, concretamente a camada de apresentação, a lógica da aplicação e os componentes que representam os objetos de dados.

O padrão MVC permite uma separação entre os vários tipos de componentes o que proporciona uma maior reutilização dos componentes desenvolvidos noutros contextos. Tirando partido deste conceito, a plataforma da *Sencha* introduz o conceito de perfis, onde é possível instanciar componentes de acordo com o dispositivo onde está a ser executada a aplicação. É comum os componentes *model* serem reutilizados transversalmente a toda a aplicação, enquanto os componentes *view* e *controller* tipicamente são dependentes entre eles de acordo com o dispositivo onde vai ser executada a aplicação em questão.

No caso do portal EVA a estruturação dos componentes desenvolvidos em *Sencha* está

realizada tendo em conta dois tipos de dispositivos, *Smartphone e Tablets*. Apesar desta divisão não foi feita uma implementação distinta, a estruturação por perfis foi realizada no caso de futuramente fazer sentido uma interface diferente para os *Tablets* e outros dispositivos.

Na figura a seguir estão representados os componentes de acordo com o padrão MCV mencionado anteriormente.

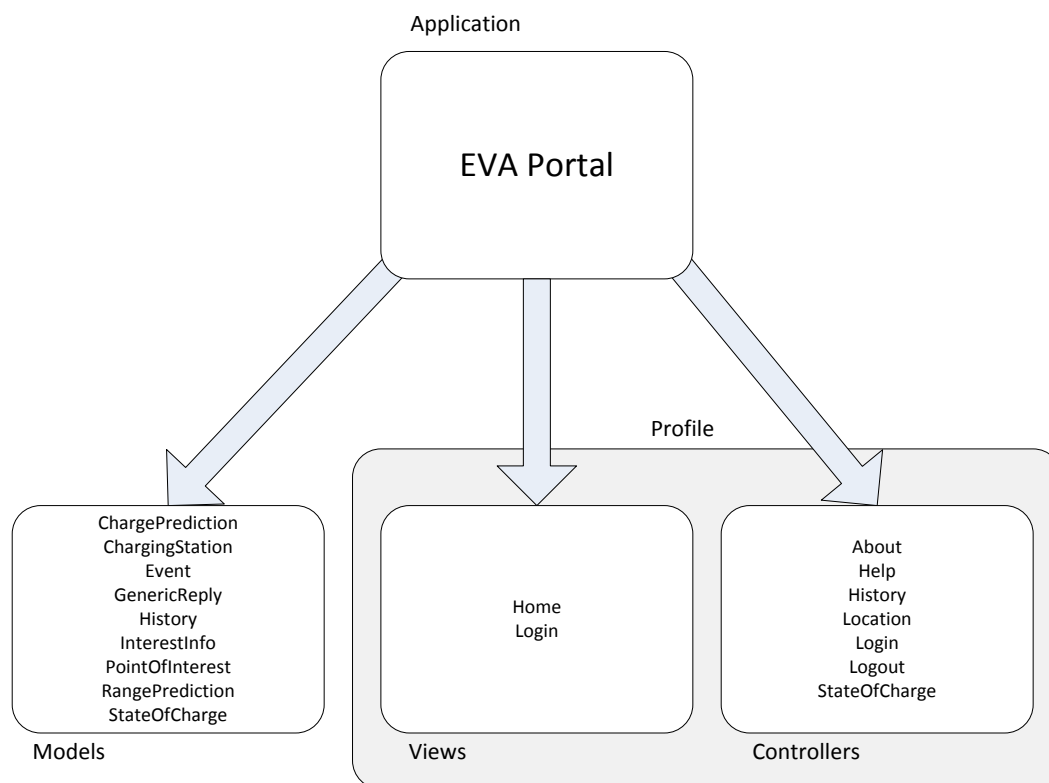


Figura 21 - Padrão MVC

### 4.1.1. Modelos

O formato de mensagens trocadas entre o portal e o servidor estão no formato *JSON*, que permite de forma rápida serializar e de-serializar um objeto *Java/Javascript* numa representação textual facilmente enviada através do protocolo HTTP. Em *Javascript* é utilizada a biblioteca do *Sencha* para fazer a conversão, enquanto no *Java* é utilizada a biblioteca *google-gson*.

A cada um dos modelos definidos está associado a uma mensagem específica, sendo

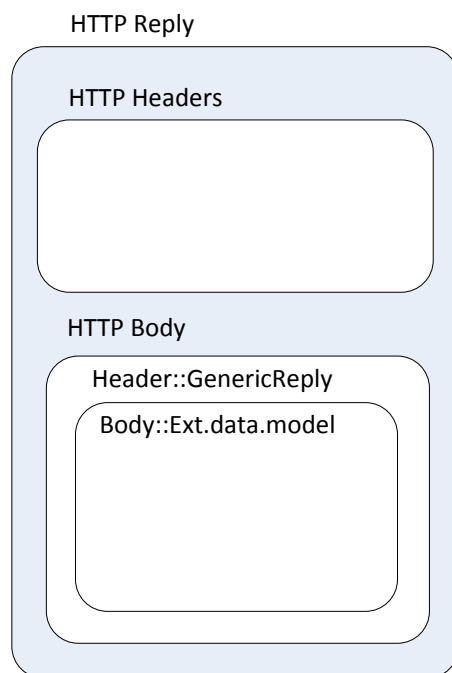
que cada modelo define quais os campos e tipo dos mesmos por uma determinada ordem, que podem ter associados processos de validação. Em seguida é descrita qual a semântica de cada um dos modelos atualmente definidos.

- **ChargePrediction** – Predição de carga necessária
- **ChargingStation** – Estações de carregamento
- **Event** – Evento de localização
- **GenericReply** – Mensagem de resposta genérica de um serviço EVA
- **History** – Evento de histórico
- **InterestInfo** – Informação sobre as categorias dos pontos de interesse
- **PointOfInterest** – Pontos de interesse
- **RangePrediction** – Predição de distância
- **StateOfCharge** – Estado de carga da bateria associado a uma hora

Atualmente não existem validações associadas aos modelos, tendo em conta que as mensagens provêm do servidor EVA, estas estão corretamente formatadas de acordo com o que foi definido.

Através destes modelos é possível obter rapidamente a partir do corpo de resposta de uma mensagem HTTP, listas dos modelos definidos, sendo depois a sua manipulação bastante simplificada através das APIs *Javascript/Java* disponíveis.

As respostas do servidor EVA têm sempre a mesma forma, concretamente têm um cabeçalho genérico e um corpo específico por serviço, o que permite implementar mecanismos sistemáticos para extrair a informação contida nas várias componentes da mensagem, minimizando o risco de erros de programação e maximizando a manutenção de potenciais alterações futuras no formato das mensagens.



**Figura 22 - Mensagem servidor EVA (resposta)**

Em relação às mensagens enviadas para o servidor EVA não foram definidas estruturas, tendo em conta que a informação necessária de enviar é diretamente serializada a partir dos objetos *Javascript* para os parâmetros GET ou *Form Data* do POST associados ao pedido enviado para o servidor.

#### **4.1.2. Vistas**

Em relação à interface com o utilizador foram definidas duas vistas, onde cada uma se encontra associada a um URL diferente, o de autenticação e o da página principal.

Como descrito anteriormente, de acordo com o padrão MVC estas vistas não têm qualquer tipo de lógica implementada, limitam-se apenas a mostrar conteúdos ao utilizador e a receber *inputs* do mesmo, difundindo estas ações para quem estiver à escuta, ou seja, para os controladores registados nos eventos. No caso de haver necessidade de adaptar a aparência a outro tipo de dispositivos, apenas é necessário criar as novas vistas e registar as mesmas no perfil do dispositivo correspondente.

Atualmente as aplicações em ambiente *web* seguem uma forma de construção diferente

em relação há uns anos atrás, concretamente no que diz respeito à navegação, onde antigamente um portal de internet tinha várias páginas associadas e cada uma representava um conjunto de componentes diferentes.

Com a introdução de plataformas como o *Sencha*, a programação *web* está cada vez mais orientada a componentes, ou seja, um portal é apenas uma página de internet e todos os ecrãs são uma composição de componentes, geridos de forma programática. Este tipo de programação permite ter um controlo superior em relação ao conteúdo a apresentar, tendo em conta que passa a ser possível utilizar efeitos de transições e torna mais simples a gestão de estados da sessão do lado do cliente.

### **4.1.3. Controladores**

Os controladores são os componentes que coordenam todas as interações entre componentes e também é onde está toda a lógica de negócio associada ao cliente da aplicação.

Ao desenvolver aplicações cliente é necessário ponderar a lógica que é permitida incluir em script, tendo em conta que lógica de negócio é tipicamente confidencial e proprietária. Neste sentido toda a lógica de negócio concreta reside no servidor, sendo que do lado cliente apenas existe a lógica de negócio relacionada com a preparação e envio dos dados para o servidor.

O Portal EVA foi desenvolvido com este tipo de questões em mente, ou seja, os controladores são responsável pela lógica de apresentação e recolha de dados a enviar para o servidor. Em seguida está descrita de forma sucinta a lógica associada a cada um dos controladores, onde cada um tem uma tarefa de “controlo” muito específica.

#### **4.1.3.1. About**

Este controlador é bastante simples, tendo em conta que o seu único objetivo é escutar eventos de toque no separador “About” da página principal e fazer com que esse painel

seja apresentado.

### **4.1.3.2. Help**

Este controlador tem uma função semelhante ao anterior, tendo em conta que o seu único objetivo é escutar eventos de toque no ícone do ponto de interrogação, no ecrã de autenticação, e fazer com que seja o painel de ajuda o que fica visível.

### **4.1.3.3. History**

A gestão do ecrã de “History” é da responsabilidade deste controlador, concretamente este tem componente tem como função pedir ao servidor EVA os eventos de histórico associado a um determinado dia e carregar os eventos devolvidos pelo servidor no mapa.

Depois de carregados os eventos para o mapa é traçada uma rota entre os vários pontos associado aos eventos, como forma de tornar mais imediata e explícita a ordem dos eventos de acordo com a hora da ocorrência dos mesmos.

Após o carregamento dos eventos é possível interagir com os mesmos, através do toque no evento específico. A resolução da morada é também da responsabilidade deste controlador, que interage com a API do *Google Maps* enviando as coordenadas GPS do veículo e que recebe a resposta assíncrona dos servidores da *Google* com as moradas associadas às coordenadas.

### **4.1.3.4. Location**

Este controlador é o mais pertinente do portal, sendo que é o que tem mais responsabilidades, ou funcionalidades.

É neste componente que está implementado o mecanismo de sincronização da

localização com o servidor EVA. Periodicamente, em intervalos reduzidos é atualizada a localização no ecrã, e em intervalos mais espaçados são enviadas as coordenadas ao servidor.

A gestão das camadas é realizada por este controlador, desde a troca de painéis até à comunicação com os servidores da *Google*. A gestão das várias camadas encontra-se descrita em seguida.

**Charging Stations** – É possível interagir com os marcadores deste tipo através do toque sobre o mesmo. Atualmente é possível visualizar informação básica sobre mesmo, como nome e descrição, bem como informação mais específica como por exemplo o número de telefone da estação, qual o preço por kilowatt e os serviços disponíveis. Em termos de operações, é possível calcular a distância, em relação à localização atual, a que se encontra uma determinada estação de serviço e traçar possíveis rotas para a mesma.

Existem três tipos de rotas que são traçadas para uma determinada estação de serviço. A primeira é o caminho direto, a segunda é um caminho individual para cada ponto de interesse ao longo do percurso e a terceira uma rota que começa no ponto de origem passa por todos os pontos de interesse no percurso e acaba no destino. Em relação à seleção dos pontos de interesse que devem ser considerados a caminho da estação de carregamento, o critério consiste em escolher os pontos que estão a uma distância inferior em relação ao ponto de destino bem como que a distância do ponto de interesse à estação de carregamento não pode exceder os 100 Km.

- **Points Of Interest** – É possível interagir com os marcadores deste tipo através do toque sobre o mesmo. Atualmente é possível visualizar informação básica sobre mesmo, como nome e descrição. Em termos de operações, é possível calcular a distância, em relação à localização atual, a que se encontra uma determinada estação de serviço e traçar possíveis rotas para a mesma.

É traçada apenas uma rota, que vai diretamente do ponto do ponto onde se encontra o dispositivo até ao ponto de interesse. No caso dos pontos de interesse é possível escolher qual a forma de deslocação, sendo possível escolher de carro, bicicleta ou a pé.

- **Range Prediction** - A apresentação desta camada consiste em enviar o pedido de cálculo de autonomia ao servidor EVA, receber a resposta do servidor com as três componentes de marcação, (verde, amarela e vermelha) e interagir com a API do *Google Maps* para proceder ao desenho da representação das mesmas no mapa, que como descrito anteriormente é realizada através da sobreposição de várias circunferências.
- **Weather** – É utilizada a API do *Google Maps* para instanciar a camada de nuvens e de previsão das condições climáticas para as várias zonas do mapa. Através do toque nos elementos climáticos é possível obter informação detalhada sobre clima, naquela localização específica.

#### 4.1.3.5. Login

O processo de autenticação é gerido por este controlador, que envia as credenciais para o servidor EVA e consoante a resposta, redireciona o utilizador para a página principal ou dá erro de autenticação.

É de notar que o acesso à página principal depende de uma componente de segurança em execução no servidor, sendo que a página principal só se torna acedível caso esta componente de segurança tenha validado a autenticação. A autenticação consiste em enviar o formulário de autenticação para o URL `/j_spring_security_check`.

#### 4.1.3.6. Logout

Este controlador intercepta as interações com o botão do cadeado na página principal, invalidando o contexto de autenticação e redirecionando o utilizador para a página de autenticação.

A invalidação do contexto de autenticação consiste em enviar um pedido de GET para um URL específico que é interceptado pela plataforma de segurança. O URL é o /

j\_spring\_security\_logout.

#### **4.1.3.7. Register**

Como descrito anteriormente é necessário ter uma autenticação válida de forma a poder explorar as funcionalidades do portal. É possível criar e editar contas a partir de um ecrã de registo, que é gerido por este controlador. Neste ecrã de registo é possível introduzir vários tipos de informação, desde informação do utilizador, do condutor, do veículo, entre outros que são enviados para servidor aquando a submissão do formulário de registo.

Quando o registo é bem-sucedido o utilizador é redirecionado para o ecrã de autenticação, onde os campos de conta e palavra-chave são preenchidos automaticamente por este controlador, sendo apenas necessário interagir com o botão de autenticação.

#### **4.1.3.8. State Of Charge**

A gestão dos gráficos que apresentam o histórico de autonomia do dia atual é da responsabilidade desta entidade. O processo consiste em enviar um pedido com esta operação para o servidor que responde com uma estrutura de pares hora/valor, sendo esta processada pelo controlador que constrói os dois gráficos, a autonomia das últimas doze horas do dia e a autonomia atual.

A representação dos gráficos é realizada utilizando a plataforma *Sench Touch Charts*, que é uma extensão da plataforma *Sencha Touch* e permite escalar as funcionalidades do portal sem ter de alterar o que já se encontra implementado.

### **4.2. EVA Server**

A componente servidora assenta na tecnologia *Java*, tendo em conta a versatilidade e

desempenho da mesma, bem como o suporte extensivo que existe nas comunidades de desenvolvimento. Atualmente existe um conjunto interminável de plataformas desenvolvidas nesta linguagem de programação, o que permite muito rapidamente desenvolver um conjunto de funcionalidades apenas pela integração de várias plataformas.

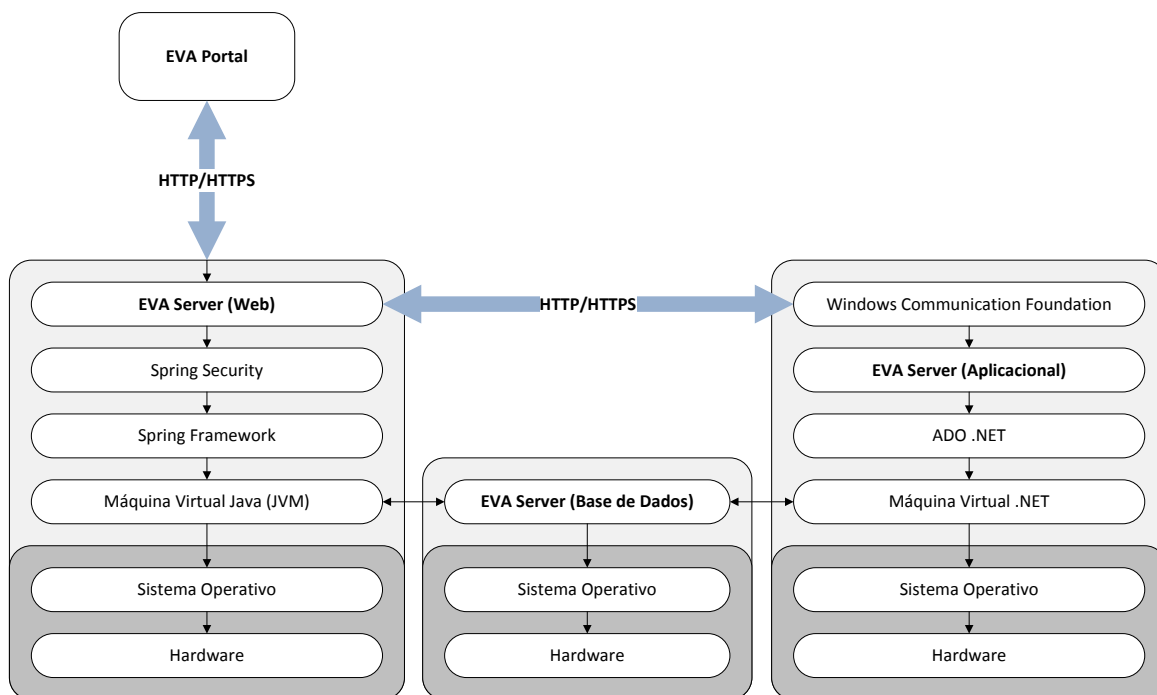
A plataforma base é o *Spring Framework* que permite desenvolver de forma bastante configurável uma arquitetura servidora escalável e robusta. A característica mais explorada desta plataforma está relacionada com o modelo de injeção de dependências, que permite por configuração definir o vários componentes, gerir o seu tempo de vida e quais as dependências entre deles, eliminando a necessidade de ter processos de inicialização dos objetos e a preocupação das ordens de inicialização.

O *Spring Framework* incorpora também um conjunto de componentes para aplicação no contexto dos servidores *web*, tais como mecanismos de interceção de sessões, autenticação e definição de controladores responsáveis pelo processamento de determinados URL's.

A segurança da aplicação é garantida por uma extensão da plataforma *Spring Framework*, o *Spring Security*, que se integra e permite por configuração controlar todos os acessos aos recursos que o servidor disponibiliza para os clientes, gerindo assim todas questões de autenticação bem como de autorização.

Adiante será discutido mais em detalhe o enquadramento destas plataformas na aplicação EVA.

### **4.2.1. Arquitetura da Aplicação**



**Figura 23 - Arquitetura de referência**

Atualmente existem dois endereços relevantes, o de autenticação e o da página principal. Estes endereços são interceptados pela plataforma do *Spring Framework* e redirecionados para o controlador específico.

Existem dois controladores implementados, um para a página principal e outro para processar os pedidos assíncronos (AJAX). Não é necessário implementar um controlador para a página de autenticação tendo em conta que a plataforma *Spring Security* instancia implicitamente um controlador que trata do processamento necessário durante a fase de autenticação.

É necessário integrar o processo de criação e destruição de sessões, bem como o processo de autenticação, sendo que para esse fim foi implementado o componente *LoginManager*. Esta integração é necessária tendo em conta que o controlador de autenticação do lado do cliente está à espera de receber na resposta do pedido um cabeçalho com a informação do resultado da autenticação. Está também implementado o controlo dos utilizadores autenticados, se bem que atualmente essa informação não está a ser utilizada para nenhuma funcionalidade em concreto, apesar de poder vir a ser útil no futuro ou até para *logging* de acessos.



Através da utilização da biblioteca *JSON* da *Google* é possível serializar um objeto *Java* numa representação textual que segue o formato pretendido, tornando o processo de construção da resposta para o cliente extremamente simples.

A construção do corpo da resposta para o cliente consiste em mapear dados de objetos da base de dados para objetos que são serializáveis em formato *JSON*, ou em listas desse mesmos objetos.

Todas as classes de suporte derivam de *GenericReply*, tendo em conta que o cabeçalho da resposta é comum entre todas as mensagens. Desta forma a serialização de todos os objetos vai ter como primeiros campos os de *GenericReply*, sendo apenas necessário implementar a classe que representa a estrutura do corpo da resposta.

Existem dois tipos de corpo de resposta, que se podem misturar entre si, apesar de atualmente isso não ser necessário. O primeiro tipo consiste na composição de vários campos de dados, o segundo tipo é uma lista de objetos do primeiro tipo. Consoante o tipo de resposta do serviço, os resultados são enquadrados num destes tipos.

A implementação típica de um serviço consiste em consumir os parâmetros incluídos no pedido do cliente, realizar algum tipo de operação na base de dados ou invocar um qualquer outro serviço externo e finalmente preencher a resposta com o resultado desse pedido, utilizando um dos objetos de mensagens de resposta, que será serializado em formato textual *JSON*. O processo de serialização de objetos em formato textual consiste essencialmente em compor pares nome/valor recursivamente para os tipos nativos dos objetos.

Esta hierarquia de classes encontra-se representada na figura a seguir.

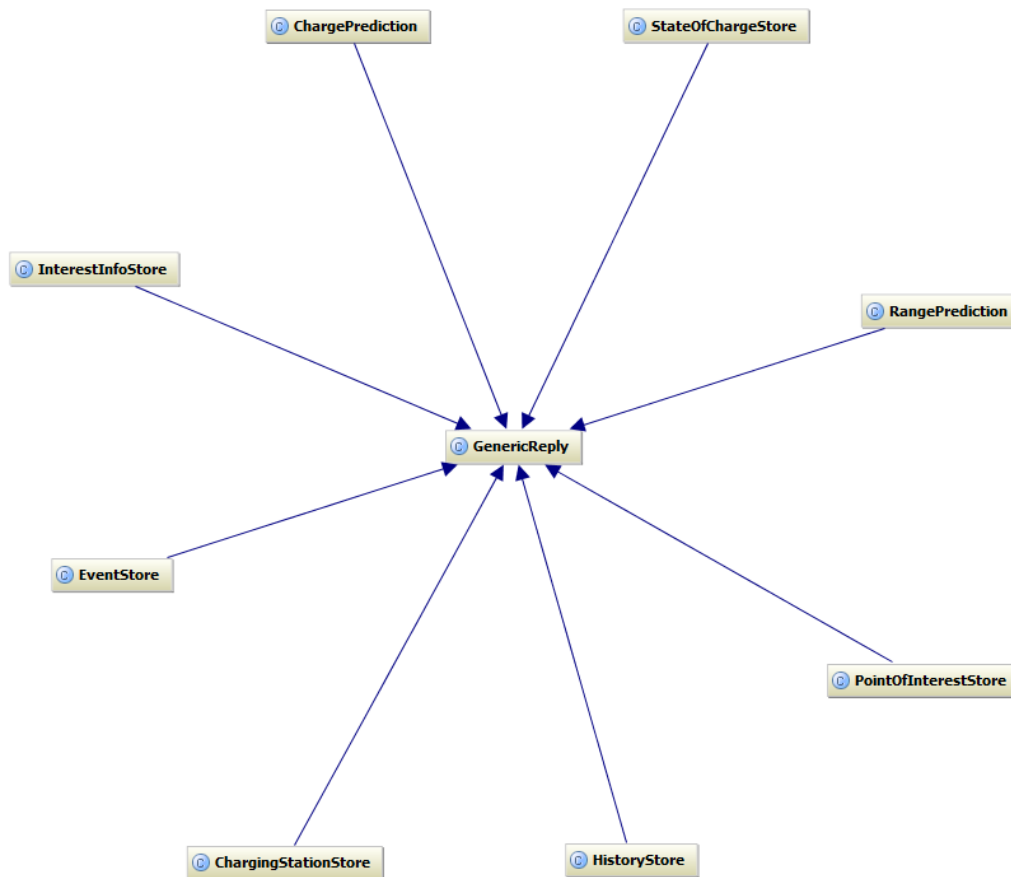


Figura 25 - Arquitetura de mensagens

### 4.2.3. Segurança

A implementação dos *Handlers* é realizada a partir da derivação de uma interface, algo que à partida pode não parece ser necessário. Esta derivação tem um objetivo concreto, nomeadamente está relacionado com a plataforma de segurança, que permite por configuração definir quais as permissões necessárias de ter para que um utilizador possa invocar um determinado método de uma classe.

A plataforma de segurança controla os acessos utilizando técnicas de programação orientada por aspetos, concretamente a biblioteca *AspectJ*, que permite injetar um *proxy* atrás de uma interface, integrando processos de autenticação e autorização que são executados antes da invocação da implementação concreta da *interface*. Desta forma é possível definir num ficheiro de configuração (*context-security-access.xml*), métodos a ser validados contra um conjunto de requisitos de segurança.

A configuração base da plataforma de segurança (context-security.xml) consiste de vários passos, nomeadamente definir quais as páginas sujeitas à existência de credenciais e quais as mesmas, configurar quais os componentes que fazem a gestão de acessos, se os acessos são persistentes e se a credencial de utilizador anónimo, ou não autenticado, é válida.

Atualmente as permissões de acesso estão divididas em dois grupos, ou *ROLES*, nomeadamente as permissões do ecrã de login (*ROLE\_ANONYMOUS*) e as do ecrã principal (*ROLE\_USER*). É possível definir, por recurso, expressões para os requisitos de acesso, tendo sido configurado que qualquer utilizador autenticado pode aceder a todos os recursos, incluindo a página principal e a de pedidos assíncronos, no entanto um utilizador anónimo só pode aceder aos recursos e operações necessárias para realizar o registo e *login*.

Esta plataforma de segurança permite que a fonte de utilizadores e grupos sejam configurados de várias formas, nomeadamente em ficheiro de texto, na base de dados, ou LDAP. Neste caso foram armazenadas na base de dados, sendo que para esta forma é necessária a criação de duas tabelas (*USER\_LOGIN*, *USER\_LOGIN\_AUTHORITY*), uma para os utilizadores e outra que relaciona um utilizador com um conjunto de grupos.

Tendo em conta a semântica da aplicação, concretamente o facto de ser necessário manter a sessão cativa durante o maior tempo possível, mesmo que o utilizador não esteja ativamente a navegar o portal é necessário revalidar a autenticação quando a sessão expira. Desta forma foi configurado o serviço *Remember Me*, que através da utilização de *cookies* permite que a autenticação seja validada sem a interação do utilizador. Atualmente está configurado que a revalidação automática é efetuada durante um período de 24 horas de inatividade por parte do utilizador.

É necessário manter a sessão disponível tendo em conta que periodicamente é enviada informação de localização e outra, para o servidor EVA, que regista todos estes dados.

#### **4.2.4. Base de Dados**

O armazenamento persistente de todos os dados é realizado em Base de Dados,

concretamente em *Microsoft SQL Server*. De forma a ser possível a abstração do fabricante de Base de Dados utilizado e também de forma a não ser necessário ter preocupações com a gestão das ligações e especificidades de interrogações à Base de Dados, é utilizada a plataforma *Hibernate*.

Esta plataforma permite definir classes de acesso a dados (*DAO – Data Access Object*), ou seja, classes que representam tabelas concretas, sendo que estas combinadas com ficheiros de *metadata* (\*.hbm.xml) tornam possível abstrair o programador das preocupações inerentes à utilização de Base de Dados.

Desta forma foi implementada uma hierarquia de classes de acesso a dados que espelha as tabelas existentes na Base de Dados que são necessárias de manipular na aplicação. A raiz da hierarquia (*DataModelEntity*) existe tendo em conta que a plataforma *Hibernate* obriga a que todos os objetos sejam serializáveis e que implementem os métodos necessários para identificar e comparar objetos, logo é possível colocar em evidência um algoritmo sistemático que pode ser herdado por todas as classes de abstração ao acesso a dados.

A hierarquia em questão está representada na figura a seguir:

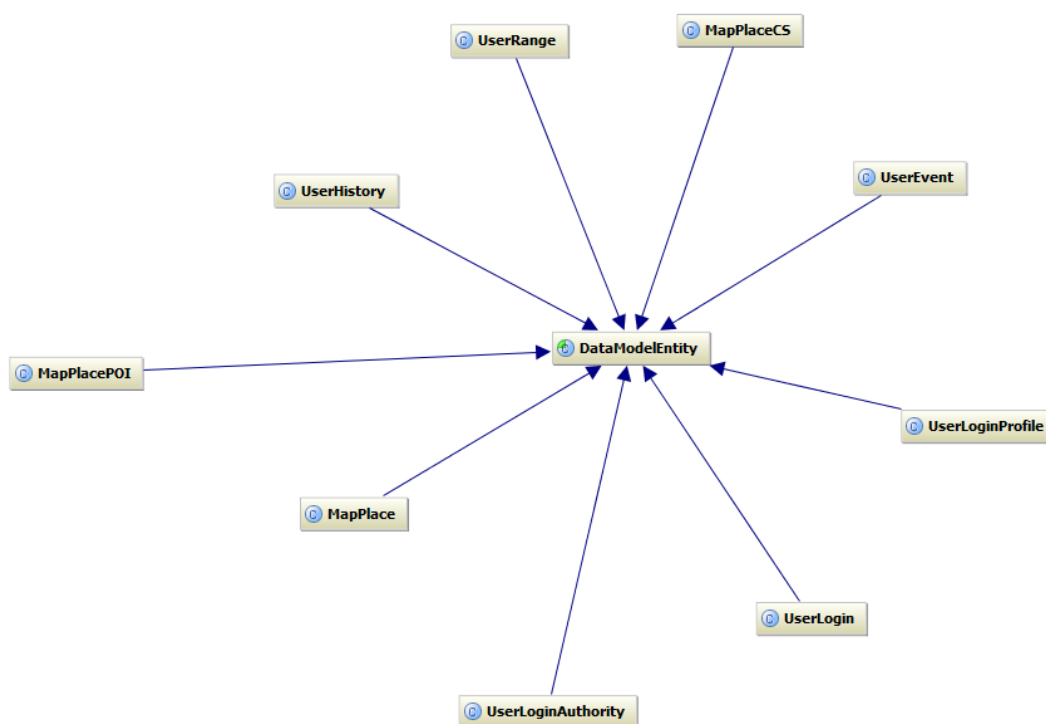


Figura 26 - Modelo de acesso a dados

A configuração base da plataforma está dividida em duas partes (context-hibernate.xml, hibernate.cfg.xml), sendo que é necessário configurar os parâmetros da base de dados e incluir todas as referências para os ficheiros de *metadata* dos DAO, bem como a forma como são instanciados os objetos.

De forma a otimizar os acessos à Base de Dados é utilizada uma *Pool* de ligações à base de dados, que permite a reutilização de ligações previamente estabelecidas, eliminando a penalização de desempenho associada ao estabelecimento e encerramento da ligação, bem como que permite controlar o número máximo de ligações cativas simultaneamente.

Foi definido o modelo de Base de Dados de acordo com alguns requisitos das ferramentas utilizadas, nomeadamente a plataforma de segurança que exige uma estrutura que relacione utilizadores e grupos, as tabelas para que contêm informação sobre os locais possíveis de representar no mapa (estações de serviço e pontos de interesse), o histórico de carga dos veículos e a tabela de eventos por causa do processo de predição de autonomia e distância que utiliza algoritmos de *Data Mining*.

Na figura em seguida encontra-se representado o modelo de Base de Dados adotado.

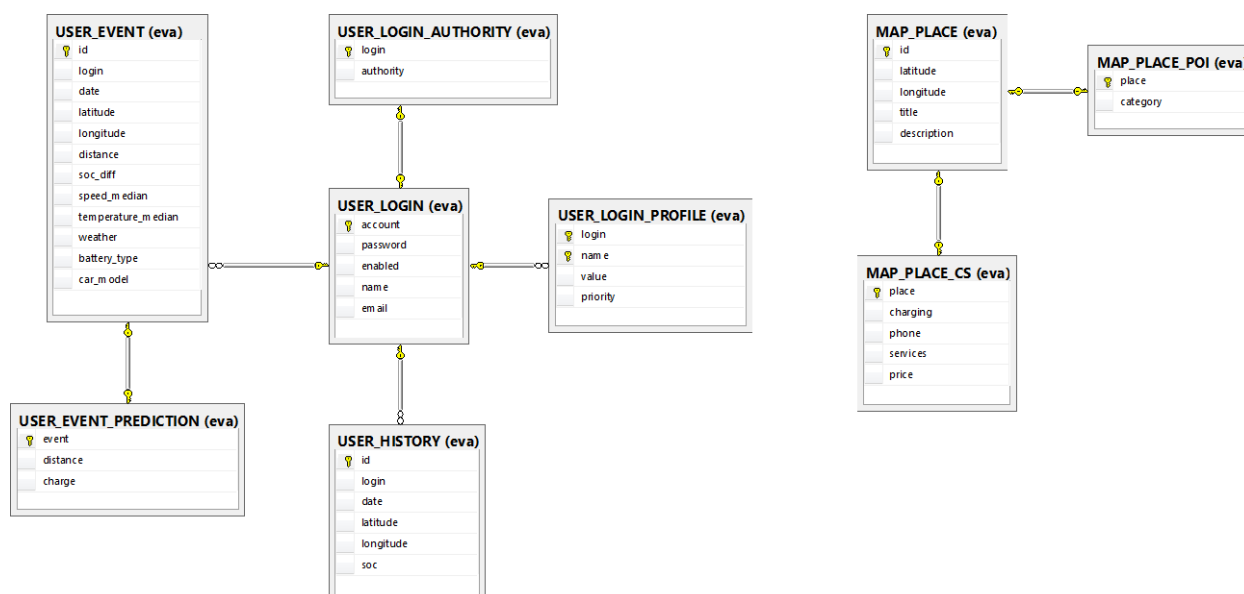


Figura 27 - Modelo de dados

Tendo em conta a natureza e as necessidades do sistema EVA foram definidas estruturas para os algoritmos de *Data Mining* diretamente sobre o modelo transacional.

Esta decisão teve como motivador o facto de não haver ganho acrescido em montar um *Datawarehouse*, já que a análise a realizar é sempre a mesma, ou seja, a previsão de autonomia tendo por base um conjunto estático de parâmetros de entrada. Também a implementação de um *Datawarehouse* iria implicar um desempenho inferior tendo em conta todo o processo de manutenção de estruturas adicionais necessárias para o mesmo.

A tabela de eventos (USER\_EVENT) representa a tabela de *Test Cases* do modelo do algoritmo de *Data Mining* e a tabela de resultados (USER\_EVENT\_PREDITCTION) é a tabela que deriva da de eventos acrescentando informação sobre a previsão de autonomia.

#### 4.2.5. Predição de Distância e Autonomia

Os dados fornecidos pelo veículo são armazenados na tabela USER\_LOGIN\_PROFILE, juntamente com todos os outros dados relacionados com o perfil do utilizador.

Existe uma hierarquia de prioridades associada ao processamento de campos no perfil de utilizador, tendo em conta que a avaliação de alguns destes depende da avaliação prévia de outros. A forma como é definida a ordem de processamento de parâmetros é definida numa coluna da tabela com o nome *priority*.

Em seguida a descrição dos vários parâmetros armazenados na tabela mencionada:

- **batteryType** – Tipo de bateria do veículo
- **carModel** – Modelo do veiculo
- **categoryX** – Categoria de ponto de interesse
- **lastCharge** – Data da última inversão do estado de carga
- **lastUpdate** – Data da última atualização do perfil
- **latitude** – Última latitude do veículo
- **longitude** – Última longitude do veículo

- **soc** – Último estado de carga veículo
- **socDiff** – Última variação do estado de carga
- **speed** – Última velocidade do veículo
- **speedMedian** – Média da velocidade do veículo
- **temperature** – Última temperatura no veículo
- **temperatureMedian** – Média de temperatura no veículo
- **weather** – Últimas condições climáticas

Em seguida a figura que esquematiza o processamento de um evento proveniente no veículo, desde que este é enviado para o servidor EVA até o mesmo ser armazenado em Base de Dados.

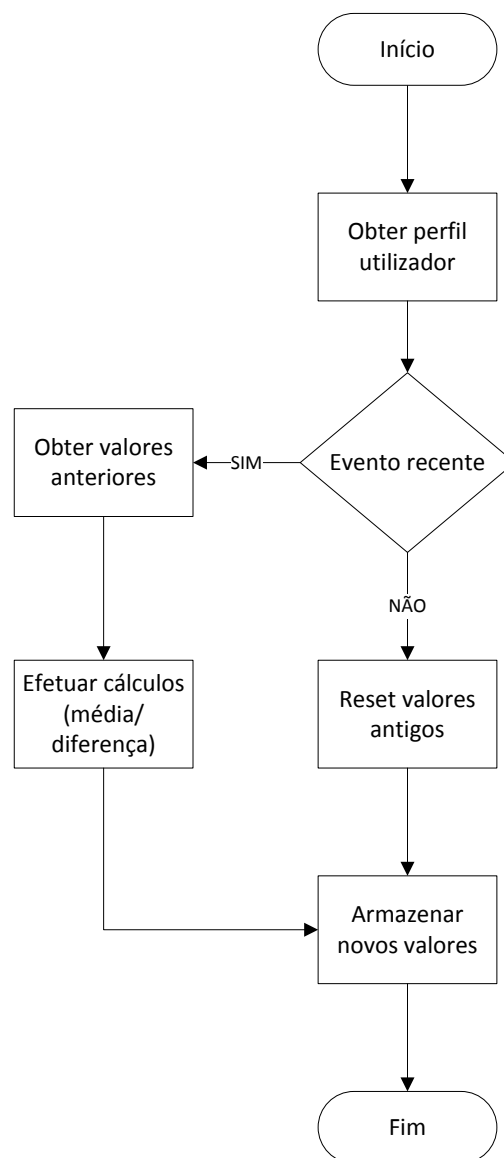


Figura 28 - Processamento de evento do veículo

O processo de predição de autonomia pressupõe a população da tabela de Base de Dados USER\_EVENTS, que representa a tabela de casos de teste. A figura apresentada em seguida tem alguns exemplos de registos na tabela USER\_EVENTS.

id	login	date	latitude	longitude	distance	soc_diff	speed_median	temperature_median	weather	battery_type	car_model
1	A25657	2012-07-22 01:46:41.180	38.8880391	-9.04885189999999989	10000	10	100	23	Partly Cloudy	Lead	PRIUS
2	A25657	2012-07-22 01:50:22.217	38.8880519	-9.0488588	8000	15	110	25	Clear	Lead	PRIUS
3	A25657	2012-07-22 01:54:42.907	38.8880398	-9.0488523000000018	10000	8	90	26	Cloudy	Lead	PRIUS
4	A25657	2012-07-22 02:00:06.557	38.8879697	-9.0487896	40000	50	100	22	Clear	Lead	PRIUS
5	A25657	2012-07-22 02:01:44.977	38.8879739	-9.04879929999999989	70000	60	90	23	Cloudy	Lead	PRIUS
6	A25657	2012-08-25 15:52:03.163	38.707163	-9.135517	5000	20	120	27	Clear	Lead	PRIUS
7	A25657	2012-08-25 16:02:03.927	38.707163	-9.135517	11000	8	99	24	Partly Cloudy	Lead	PRIUS
8	A25657	2012-08-25 16:12:02.740	38.707163	-9.135517	13000	8	91	26	Clear	Lead	PRIUS
9	A25657	2012-08-25 16:22:05.030	38.707163	-9.135517	10000	9	104	23	Cloudy	Lead	PRIUS
10	A25657	2012-08-25 16:32:03.237	38.707163	-9.135517	9000	10	105	27	Clear	Lead	PRIUS
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 29 - Tabela USER\_EVENTS

Esta tabela é modificada por cada vez que a aplicação cliente envia dados válidos para o servidor, sendo que a população desta é baseada no cruzamento entre dados fornecidos pelo veículo, armazenados na tabela USER\_LOGIN\_PROFILE, com dados recebidos pelo *smartphone*.

Existem um conjunto de regras associadas à validação de valores submetidos pelas fontes, de forma a garantir que não são registados eventos com relações inválidas.

Atualmente existem duas validações dos dados, uma que compara a diferença de tempo entre pedidos, onde é considerada uma janela limite entre eventos para que estes correlacionem valores e seja registada a média deles e a outra validação que verifica se o estado de carga da bateria da sincronização atual é superior ao anterior, algo que denota que houve um potencial carregamento da bateria, logo o evento também não pode ser considerado válido para a média. Em ambos estes casos são reiniciadas as variáveis de perfil, ou seja, são descartados os valores de variações, de médias e são registados os dados da sincronização atual, sem correlacionar com os anteriores.

A figura a seguir esquematiza o fluxo de processamento do evento proveniente do *smartphone*, desde as interações com os serviços de localização e de meteorologia até ao armazenamento do mesmo.

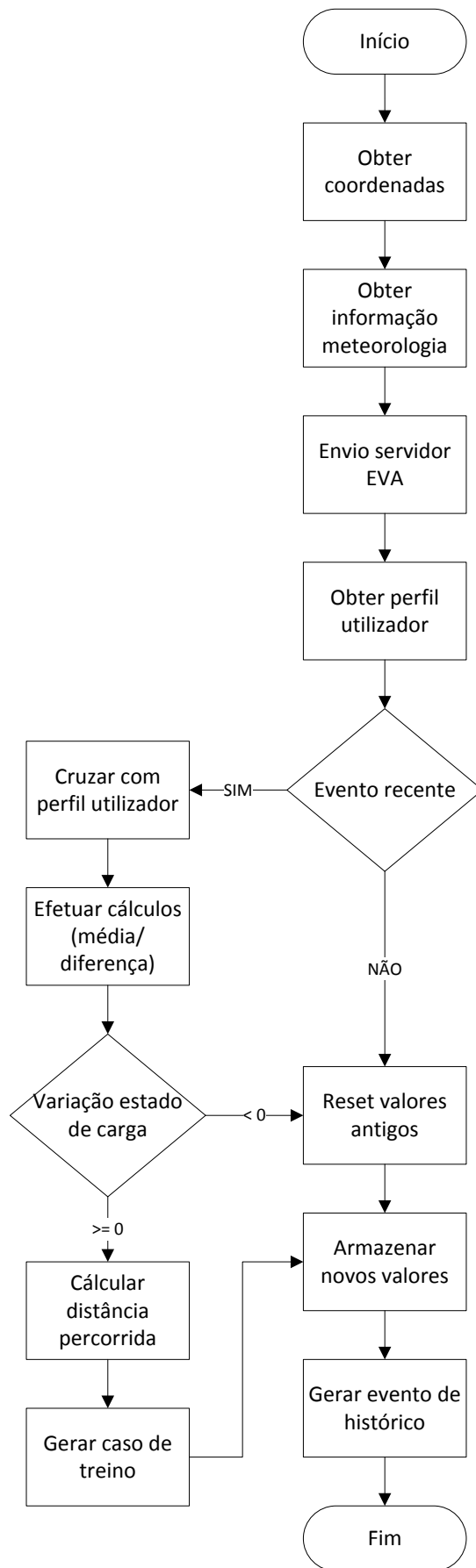


Figura 30 - Processamento de evento do *smartphone*

O algoritmo para estimação de autonomia baseia-se em perceber como um conjunto de parâmetros de entrada afeta a variação do estado de carga. Atualmente estão a ser considerados apenas parâmetros “automáticos”, ou seja, parâmetros que são determinados de forma automatizada e não requerem a introdução de valores por parte do utilizador. Desta forma a utilização do portal EVA torna-me menos “cansativa”, sendo que não é necessário “perder tempo” a introduzir um conjunto de valores instantâneos ou de referência.

Os valores considerados atualmente são a estado de carga da bateria, a velocidade do veículo, a temperatura do veículo, as condições climatéricas e a distância percorrida. É de notar que o veículo envia valores absolutos destes parâmetros, no entanto o que é usado para popular a tabela de eventos são os valores médios, ou seja, para uma aceleração média de  $E_1$ , velocidade média  $E_2$ , temperatura média  $E_3$ , houve uma variação de carga da bateria  $E_4$ , as condições climatéricas eram  $E_5$ , numa distância percorrida  $S_1$ .

A estimação de autonomia e distância é realizada através da utilização de um algoritmo de *Data Mining*, concretamente *Microsoft Decision Trees*, que permite determinar como determinados parâmetros estão relacionados.

Existem duas relações que se pretendem determinar com este algoritmo de *Data Mining*, sendo que foram definidos dois modelos de predição, nomeadamente *DISTANCE\_PREDICTION* e *CHARGE\_PREDICTION*. A figura em seguida resume os modelos de predição definidos para prever as relações mencionadas anteriormente.

Structure	DISTANCE_PREDICTION	CHARGE_PREDICTION
	Microsoft_Decision_Trees	Microsoft_Decision_Trees
Battery Type	Input	Input
Car Model	Input	Input
Date	Ignore	Ignore
Distance	PredictOnly	Input
Id	Key	Key
Latitude	Ignore	Ignore
Login	Input	Input
Longitude	Ignore	Ignore
Soc Diff	Input	PredictOnly
Speed Median	Input	Input
Temperature Median	Input	Input
Weather	Input	Input

Figura 31 - Modelos de predição

Um modelo de predição fiável depende essencialmente de três fatores, os parâmetros escolhido para entrada, as parametrizações do modelo e o conjunto de treino associado.

A primeira relação que se pretende obter é a distância percorrida com base na variação de autonomia em função da velocidade, temperatura, condições climatéricas, tipo de bateria e modelo do veículo. Este algoritmo recebe um conjunto de parâmetros de entrada e o parâmetro a prever, sendo a distribuição de parâmetros a apresentada em seguida:

**Entrada** = { variação de carga da bateria, velocidade média, temperatura média, condições climatéricas, tipo de bateria, modelo do carro }

**Saída** = { distância percorrida }

A segunda relação que se pretende extrair é qual a carga necessária para percorrer uma determinada distância em função da velocidade, temperatura, condições climatéricas, tipo de bateria e modelo do veículo. Este algoritmo recebe um conjunto de parâmetros de entrada e o parâmetro a prever, sendo a distribuição de parâmetros a seguinte:

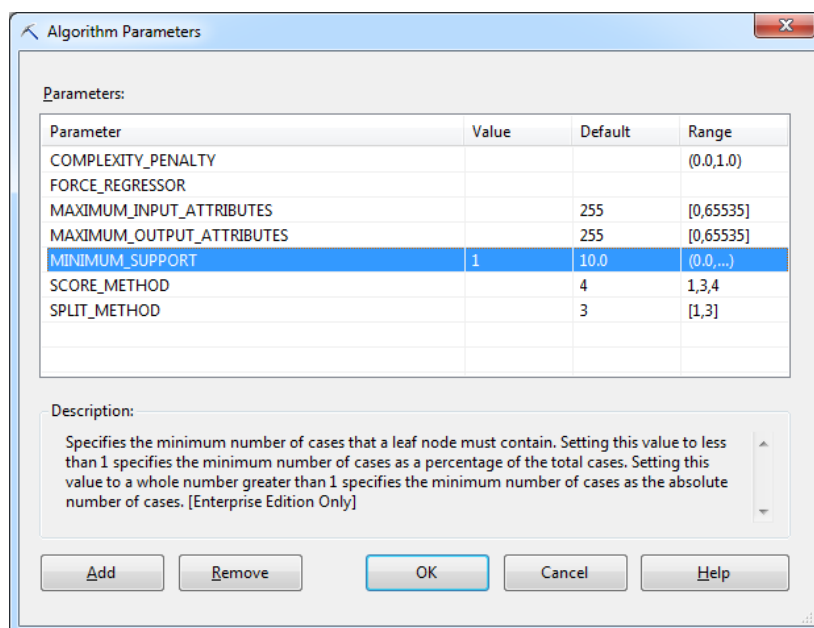
**Entrada** = { distância percorrida, velocidade média, temperatura média, condições climatéricas, tipo de bateria, modelo do carro }

**Saída** = { variação de carga da bateria }

Em relação ao conjunto de treino, este é constituído pelos registos na tabela USER\_EVENTS. A qualidade de uma predição aumenta com um conjunto de treino que apresente dimensão suficiente de forma a definir um padrão claro entre parâmetros de entrada e de saída. É de notar que um bom modelo de predição não deve analisar a totalidade do conjunto de treino, idealmente não deverá exceder 50% dos registos de forma a não se tornar um modelo viciado no conjunto de treino utilizado.

O modelo de predição pode evoluir de forma linear, tendo em conta que podem ser considerados novos parâmetros de entrada. A forma como é realizada a integração de novos parâmetros é através da introdução de um nova coluna na tabela USER\_EVENTS e

despectivo processo de agregação/validação no servidor, associado a cada novo parâmetro. As parametrizações do modelo terão de ser ajustadas de acordo com o volume de dados e a natureza dos mesmos. Atualmente estão a ser utilizados os parâmetros por omissão deste tipo de algoritmo de *Data Mining (Microsoft Decision Trees)*, sendo que o único que foi alterado foi o “MINIMUM\_SUPPORT” para o valor 1 de forma a ser possível classificar casos que só ocorram uma vez, algo que é muito comum tendo em conta o número reduzido de casos de teste utilizados. Na figura em seguida é possível visualizar os parâmetros que foram utilizados.



**Figura 32 - Parâmetros do algoritmo**

Na figura apresentada a seguir estão representados dois exemplos demonstrativos do algoritmo, um de predição de autonomia e outro da distância, sendo que a primeira coluna representa a previsão calculada pelo sistema.

DISTANCE_PREDICTION	id	distance	soc_diff	speed_median	temperature_median	weather	battery_type	car_model
10	1	10	10	103	23	Partly Cloudy	Lead	PRIUS
9	2	8	15	109	25	Clear	Lead	PRIUS
10	3	10	11	111	26	Cloudy	Lead	PRIUS
10	4	10	12	93	22	Clear	Lead	PRIUS
10	5	10	14	90	23	Cloudy	Lead	PRIUS
10	6	5	20	92	27	Clear	Lead	PRIUS
12	7	11	8	99	24	Partly Cloudy	Lead	PRIUS
13	8	13	8	91	26	Clear	Lead	PRIUS
10	9	10	9	104	23	Cloudy	Lead	PRIUS
9	10	9	10	105	27	Clear	Lead	PRIUS

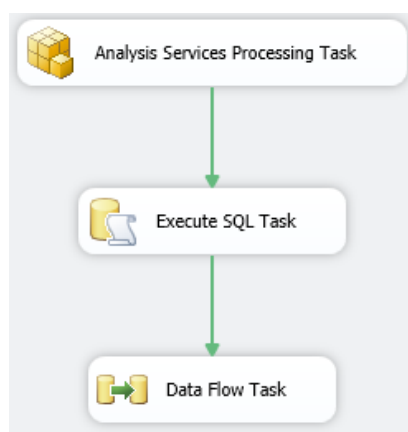
**Figura 33 - Predição de distância**

CHARGE_PREDICTION	id	soc_diff	distance	speed_median	temperature_median	weather	battery_type	car_model
9	1	10	10	103	23	Partly Cloudy	Lead	PRIUS
9	2	15	8	109	25	Clear	Lead	PRIUS
9	3	11	10	111	26	Cloudy	Lead	PRIUS
12	4	12	10	93	22	Clear	Lead	PRIUS
14	5	14	10	90	23	Cloudy	Lead	PRIUS
10	6	20	5	92	27	Clear	Lead	PRIUS
7	7	8	11	99	24	Partly Cloudy	Lead	PRIUS
8	8	8	13	91	26	Clear	Lead	PRIUS
9	9	9	10	104	23	Cloudy	Lead	PRIUS
10	10	10	9	105	27	Clear	Lead	PRIUS

**Figura 34 - Predição de autonomia**

Os resultados acima expostos permitem perceber qual a qualidade atual das predições do sistema, sendo que como pode ser observado nem sempre o valor previsto corresponde ao valor real, mas sim a um valor aproximado. É de notar que os valores de entrada foram inseridos manualmente, tendo em conta que não é possível obter valores de um veículo apesar de ter sido simulado um *beacon* na aplicação cliente de forma a testar os algoritmos de filtragem e de agregação de dados no servidor.

Periodicamente é necessário atualizar o *Data Mining Model* de forma a enriquecer o mesmo com a informação dos novos eventos, melhorando assim a qualidade das predições na medida em que estas serão mais exatas. Esta finalidade foi implementada num processo de ETL (*Extract, Transform, Load*) que realiza a manutenção das estruturas de *Data Mining*. Este processo de ETL encontra-se representado na figura a seguir.



**Figura 35 - Atualização do *Data Mining Model* (Control Flow)**

A tarefa “*Analysis Services Processing Task*” tem como objetivo reconstruir o *Data Mining Model* tendo por base todos os eventos registados, reavaliando as previsões realizadas anteriormente. Este processo de revisão de predições é apenas informativo, porque não faria sentido o utilizador ver no seu historial predições passadas alterar.

De forma a registar de forma automatizada a qualidade do algoritmo de predição, ao processo de ETL foi adicionado um conjunto de operações que têm como objetivo popular a tabela `USER_EVENT_PREDICTION` com o valor das predições de distância e autonomia. Este processo de registo de predições é orientado ao utilizador, ou seja, recebe um parâmetro que indica para que utilizador se pretende (re)calcular as predições de distância e autonomia.

A tarefa “*Execute SQL Task*” apaga todas as predições para um determinado utilizador, concretamente executa um script SQL que faz *DELETE* de todos os registos na tabela `USER_EVENT_PREDICTION` que estejam associados a eventos do utilizador parametrizado.

A tarefa “*Data Flow Task*” obtém todos os eventos do utilizador parametrizado, calcula as predições para os mesmos e insere o resultado do *merge* das predições de distância e autonomia na tabela `USER_EVENT_PREDICTION`.

A figura em seguida representa o processo de registo de predições descrito anteriormente.

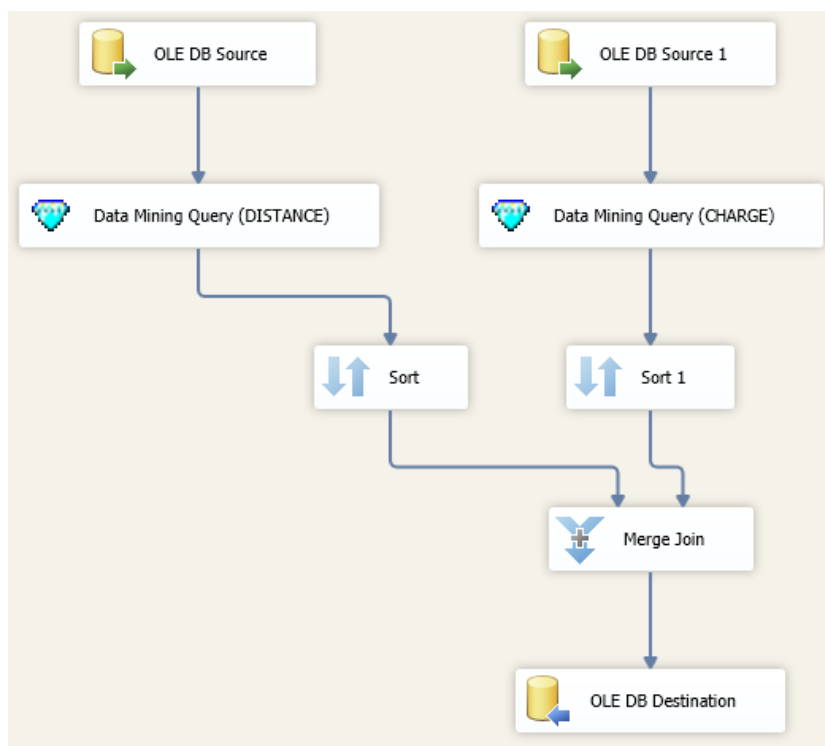


Figura 36 - Atualização do *Data Mining Model (Data Flow)*

### 4.2.5.1. Integração no EVA Portal

A integração das funcionalidades de predição na aplicação cliente está realizada de duas formas distintas, onde no caso da distância é uma operação disponível ao utilizador e no caso da autonomia é uma operação implícita quando é realizado um cálculo de uma rota para uma estação de carregamento ou ponto de interesse.

A predição de autonomia está associada a uma camada possível de aplicar no ecrã “Location”, concretamente a camada “Range Prediction”.

As figuras abaixo expõem a sequência de interações necessárias para despoletar o cálculo de autonomia, bem como o resultado dessa predição.

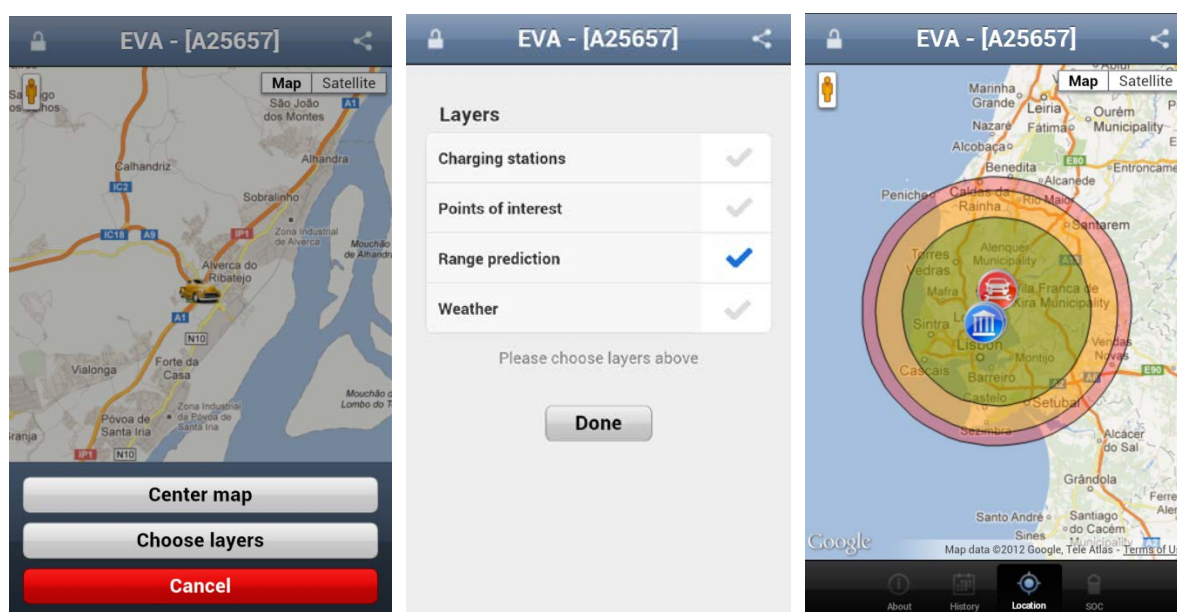


Figura 37 - Interações para predição de distância

Em relação predição de autonomia, também associada ao ecrã “Location”, esta é despoletada aquando da seleção da opção “Route” de uma estação de serviço ou ponto de interesse no mapa. Esta operação é assíncrona, tendo em conta que quando invocada realiza em paralelo o cálculo das rotas desde a localização atual até à localização selecionada (interação com os serviços de localização da *Google*) e a predição da autonomia necessária para percorrer a distância (interação com os serviços de localização da *Google* e com o EVA Portal).

O resultado desta abordagem assíncrona e paralela é um processo mais eficiente, sendo que por vezes primeiro são visualizadas as rotas e apenas depois o potencial aviso de autonomia insuficiente, outras vezes a ordem invertida, dependendo de qual das duas operações terminou mais rapidamente.

Em seguida o conjunto de figuras que demonstram a sequência de ecrãs de forma a despoletar o processo de predição de autonomia descrito anteriormente.

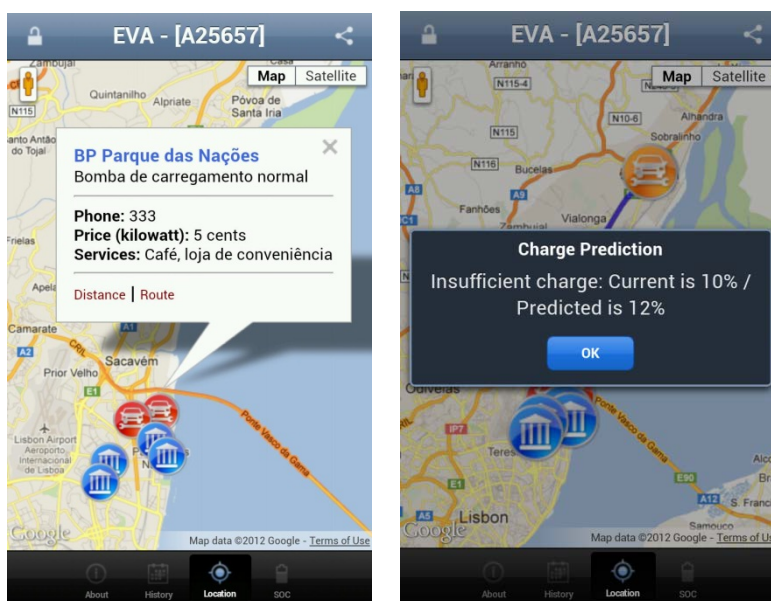


Figura 38 - Interações para predição de autonomia

As tecnologias envolvidas nestas duas componentes são distintas e diretamente incompatíveis, ou seja, o EVA Portal é completamente desenvolvido na plataforma *Java* da *Oracle* enquanto que o Servidor de agregação de dados e predição utiliza tecnologias *Microsoft .NET*.

De forma a ultrapassar esta questão de incompatibilidade direta de tecnologias e também tendo em conta a reutilização dos serviços de predição por outros potenciais futuros serviços, as funcionalidades de predição foram expostas sob a forma de *Web Service*, que é uma “interface” com a qual a maioria das tecnologias consegue interagir. O *Web Service* desenvolvido expõe duas operações (obter predição de distância e obter predição de autonomia), bem como o formato das respectivas mensagens destas operações.

O servidor aplicacional onde está *deployed* o EVA Server é o *GlassFish*, que é também um *servlet container*, ou seja, pode expor conteúdos *web* e não apenas aplicações. Este servidor inclui ferramentas e bibliotecas que permitem gerar *stubs* síncronos para invocar *Web Services*, funcionalidades que foram utilizada para fazer a integração entre as duas tecnologias *Java* e *.NET*. A partir do WSDL (*Web Services Description Language*) exposto pelo servidor aplicacional *Microsoft* é possível gerar um conjunto de classes *Java* que encapsulam a criação de mensagens SOAP (*Simple Object Access Protocol*) do pedido e da resposta associadas à invocação de uma determinada operação de um dado serviço. Desta forma torna-se extremamente simples o consumo das funcionalidades associadas à predição de determinados eventos, tendo em conta que são gerados automaticamente objetos que abstraem o programador das particularidades da invocação de um serviço exposto num *Web Service*.

A figura abaixo mostra quais os objetos *Java* gerados a partir do WSDL do *Web Service* de predição.

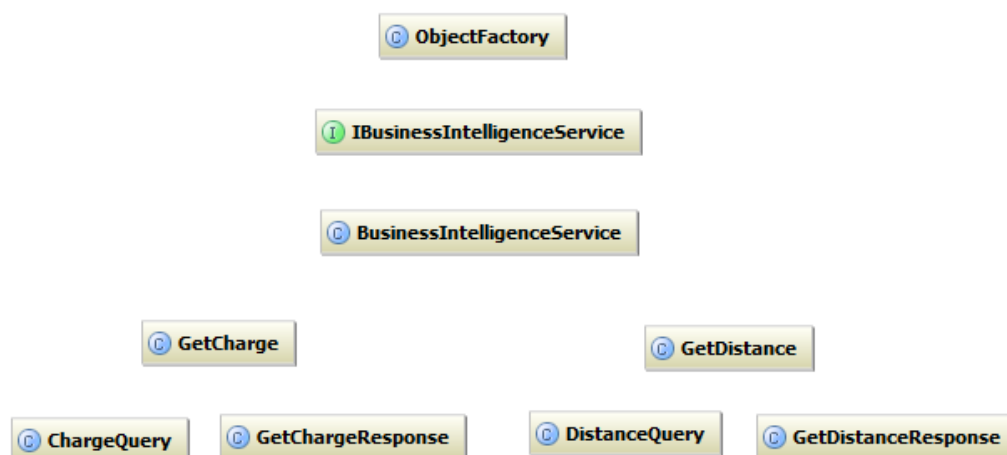
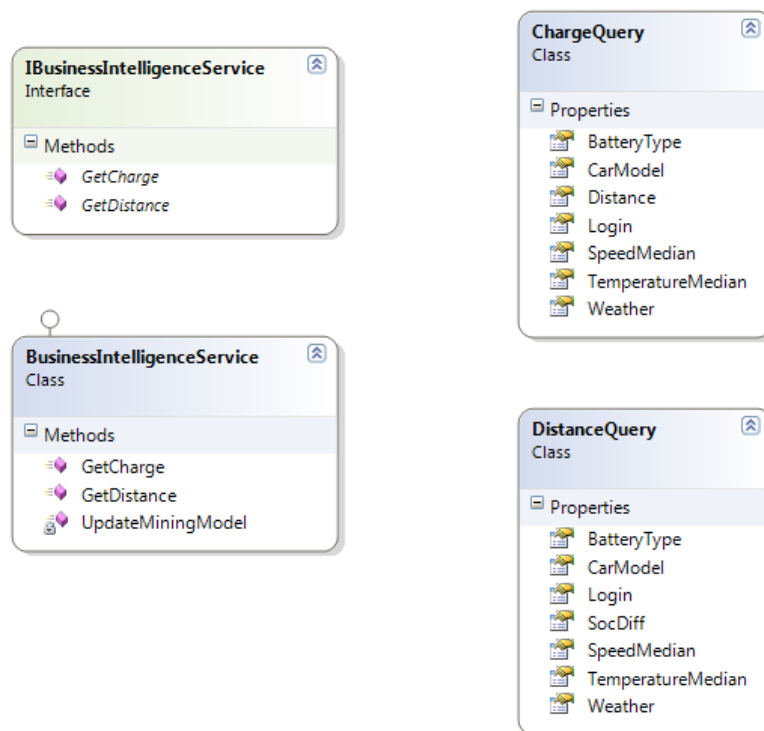


Figura 39 - Modelo do Web Service de predição (*Java*)

Em seguida o diagrama que descreve as operações e mensagens mencionadas anteriormente no contexto das tecnologias *Microsoft .NET*.



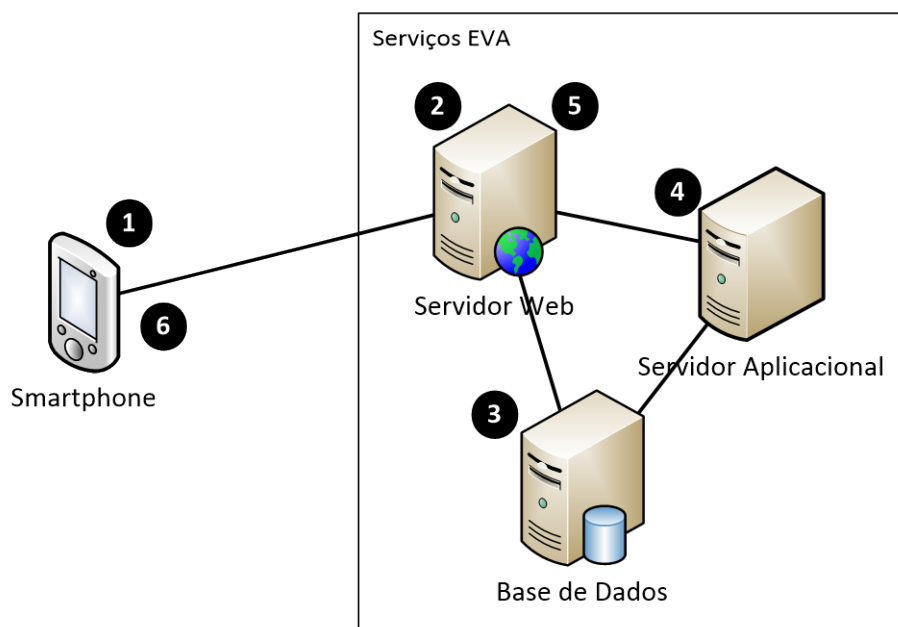
**Figura 40 - Modelo do Web Service de predição (.NET)**

A implementação de cada uma das operações consiste em instanciar uma ligação aos “SQL Server Analysis Services”, criar e executar um comando de interrogação ao modelo de predição, de forma a devolver o valor previsto para a predição em questão, sendo que esse valor é retornado ao cliente que invocou a operação.

É de notar que foi incluído na implementação das operações a atualização do *Data Mining Model*, por motivos de teste. A atualização do modelo antes da realização das *queries* de predição garante que a predição vai ser a mais exata possível tendo em conta todos os eventos dos utilizadores.

Em ambiente de produção esta atualização não será realizada, tendo em conta que é um processo potencialmente demorado, algo que não é pretendido, já que se pretende que os clientes tenham a resposta de predição o mais rapidamente possível e principalmente porque o modelo quando estabilizado não deverá convergir suficientemente depressa para que as predições deixem de ser válidas. Neste ambiente é antecipado que a atualização do modelo seja realizada de forma diária e durante o período da noite, de forma até a tirar partido da menor atividade do sistema, tendo em conta que durante o período da noite não existem tanta atividade associada à deslocação de veículos.

Em seguida o diagrama que resume o fluxo de comunicação entre os vários componentes EVA implementados e descritos anteriormente.



**Figura - Serviços EVA**



# 5. Cenários de Aplicação

O sistema EVA foi pensado de forma a ser útil em determinadas situações práticas e apesar de durante a implementação do mesmo não haver a possibilidade de demonstrar cenários reais, devido à falta de suporte de alguns componentes como o *beacon* do veículo e de não ser viável neste contexto andar a fazer viagens durante tempo suficiente para ter leituras coerentes do dispositivo móvel.

É no entanto essencial enumerar alguns potenciais cenários onde é possível verificar a mais-valia introduzida pela utilização do sistema desenvolvido. Os veículos elétricos criam novos cenários de mobilidade devido à sua limitada autonomia e aos tempos de carregamentos, o que vai inevitavelmente afetar as rotinas do dia-a-dia dos condutores que terão de planear os carregamentos e as suas viagens. O sistema EVA facilita essas tarefas através da visualização dos pontos relevantes e custos associados, cálculos sobre a exequibilidade de determinados planos de viagem, informação de histórico entre outros.

Em seguida são apresentados quatro cenários onde é considerada vantajosa a utilização do sistema EVA, que são considerados representativos da grande maioria dos tipos de utilização de veículos elétricos num futuro próximo. É de notar que qualquer um dos cenários apresentado pressupõe uma autenticação prévia bem-sucedida.

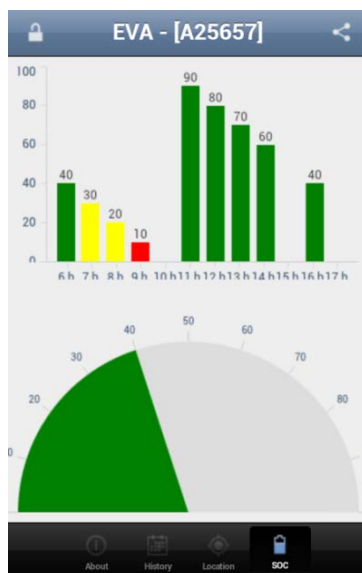
## 5.1. Cenário 1: Dia-a-dia Urbano

Este cenário reflete a utilização do veículo elétrico por um condutor que se desloca regularmente para o emprego no seu veículo.

Neste contexto a preocupação do condutor é ter a certeza que consegue chegar ao emprego de manhã e ao fim do dia chegar a casa. Tendo em conta que de manhã o destino é o emprego, significa que no caso de haver necessidade de carregamento este seja o mais rápido possível, sendo que as opções de carregamento viáveis são as rápidas e normais (ícone verde e ícone amarelo).

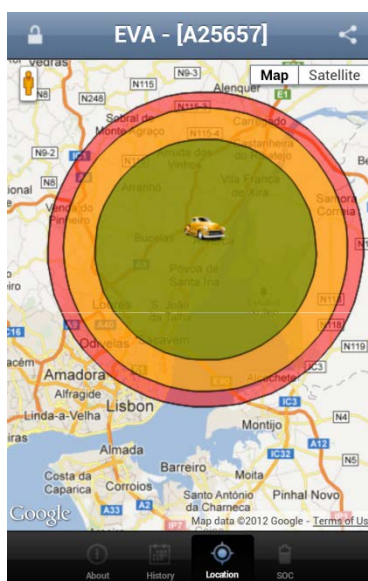
De forma a representar este cenário, as interações que o condutor necessita de ter com a aplicação são as seguintes:

1. Verificar o nível de carga atual da bateria, de forma a ter um ponto de referência em relação ao nível atual da mesma:



**Figura 41 - Nível de carga**

2. No ecrã de localização, ativar a camada que representa a predição das distâncias possíveis de percorrer, de forma a verificar se precisa de realizar algum carregamento até ao emprego:



**Figura 42 - Camada de distâncias**

3. No caso do ponto referente ao emprego ficar fora das circunferências, ou nas camadas amarela/vermelha, é necessário/aconselhável respetivamente, realizar um carregamento. Neste contexto o utilizador ativa a camada de CS:

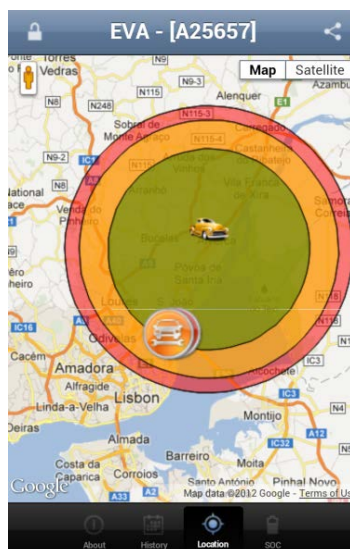


Figura 43 - Camada de estações de serviço

4. De acordo com a localização do emprego e a marcação de cores, o utilizador escolhe uma estação para carregamento adequada (rápida ou normal) em termos de distância e características da mesma. No caso de o utilizador desejar saber mais detalhe sobre a estação, de forma a seleccionar um preço específico ou até querer aproveitar para tomar um café enquanto espera, é possível interagir com as estações de serviço, como demonstra a figura a seguir:

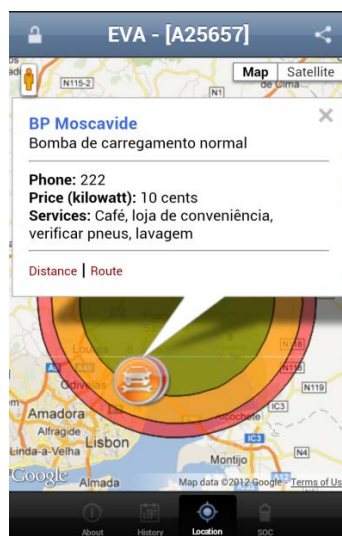


Figura 44 - Detalhes da estação de carregamento

5. Depois de escolher qual a estação de carregamento pretendida é apenas necessário selecionar “Route” de forma a calcular uma rota otimizada desde a localização atual até à estação em questão. É representada uma rota no mapa, sendo que a posição do carro é atualizada ao segundo, permitindo utilizar a aplicação como *software* de navegação. A figura apresentada em seguida ilustra o cenário descrito:

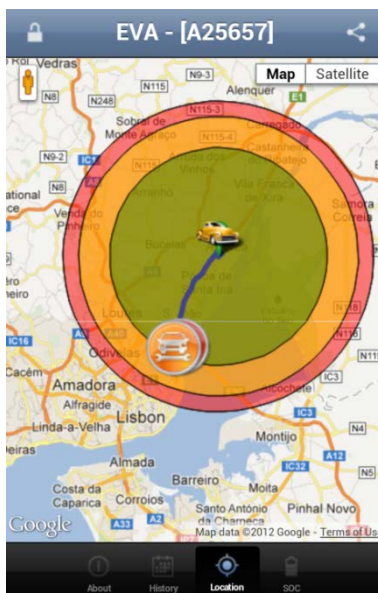


Figura 45 - Rota para estação de carregamento

6. Em relação ao caminho inverso o processo é semelhante, sendo que a única diferença é o facto de não haver a “obrigatoriedade” de escolher uma estação de carregamento rápida ou normal, dado não haver pressa no regresso a casa.

## 5.2. Cenário 2: Passeio de Carro

Este cenário reflete a utilização do veículo elétrico por um condutor que pretende realizar um passeio com a família num fim de semana.

Neste contexto o condutor é apresentado de um conjunto de pontos de interesse de acordo com a configuração do seu perfil (tipos de pontos de interesse). As preocupações associadas a este cenário são as de saber qual o caminho até ao ponto de interesse escolhido e ter a certeza que consegue chegar ao mesmo com a autonomia atual.

Tendo em conta que se trata de um passeio, significa que no caso de haver necessidade de carregamento em princípio não há necessidade que este seja o mais rápido possível, sendo que as opções de carregamento são ilimitadas.

De forma a representar este cenário, as interações que o condutor necessita de ter com a aplicação são as seguintes:

1. Verificar o nível de carga atual da bateria, de forma a ter um ponto de referência em relação ao nível atual da mesma:

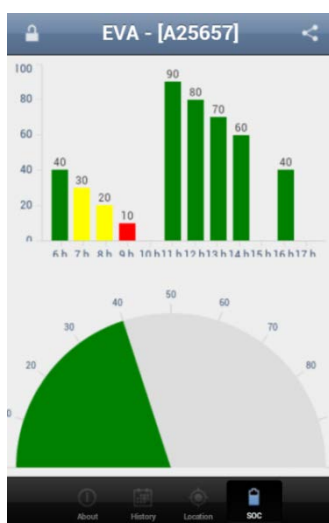


Figura 46 - Nível de carga

2. De forma visualizar os pontos de interesse, o utilizador ativa a camada dos pontos de interesse, sendo o resultado o seguinte:



Figura 47 - Camada de pontos de interesse

3. No ecrã de localização, cativar a camada que representa a predição das distâncias possíveis de percorrer, de forma a verificar se precisa de realizar algum carregamento até ao ponto de interesse:

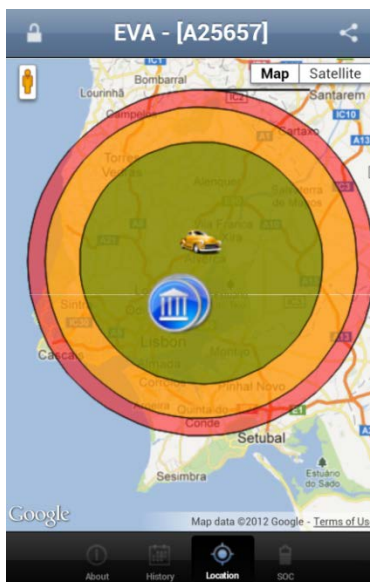


Figura 48 - Camada de distâncias

4. De acordo com a localização do ponto de interesse e a marcação de cores, o utilizador escolhe um do seu agrado. No caso de o utilizador desejar saber mais detalhe sobre o ponto de interesse, é possível interagir com as estações de serviço, como demonstra a figura a seguir:

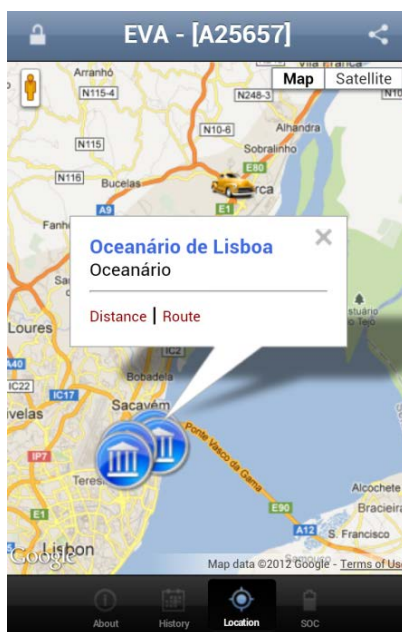


Figura 49 - Detalhes do ponto de interesse

5. Depois de escolher qual o ponto de interesse pretendido é apenas necessário selecionar “Route” de forma a calcular uma rota otimizada desde a localização atual até ao ponto em questão. Neste cenário é possível escolher o meio de deslocamento. É representada uma rota no mapa, sendo que a posição do carro é atualizada ao segundo, permitindo utilizar a aplicação como *software* de navegação. A figura apresentada em seguida ilustra o cenário descrito:

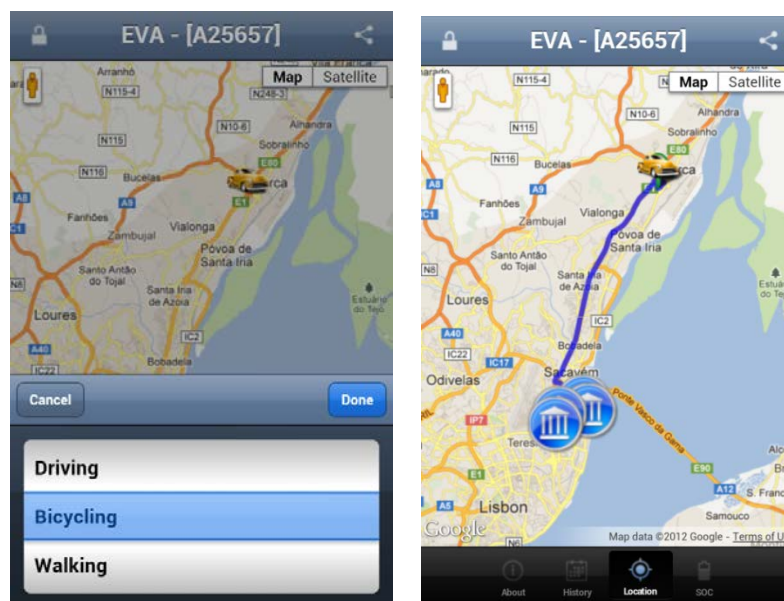


Figura 50 - Rota para ponto de carregamento

### 5.3. Cenário 3: Carregamento Educativo

Este cenário reflete a utilização do veículo elétrico por um condutor que pretende realizar um carregamento e aproveitar a deslocação para visitar alguns pontos de interesse a caminho da estação de carregamento.

Neste contexto as circunstâncias associadas são uma mistura dos dois cenários anteriormente descritos. O condutor é apresentado de um conjunto de estações de serviço e de acordo com a sua seleção, tendo em consideração o tipo dos pontos de interesse configurados configuração do seu perfil, são traçadas várias rotas para a estação de serviço passado individualmente por cada um dos pontos de interesse ou por todos. As preocupações associadas a este cenário são as de saber qual o caminho até ao ponto de interesse escolhido e ter a certeza que consegue chegar ao mesmo com a autonomia atual.

Tendo em conta que se trata de um passeio, significa que no caso de haver necessidade de carregamento em princípio não há necessidade que este seja o mais rápido possível, sendo que as opções de carregamento são ilimitadas.

De forma a representar este cenário, as interações que o condutor necessita de ter com a aplicação são as seguintes:

1. Verificar o nível de carga atual da bateria, de forma a ter um ponto de referência em relação ao nível atual da mesma:

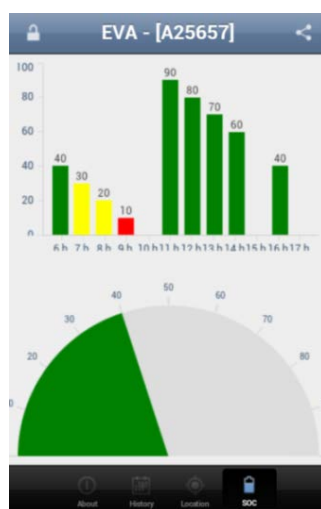


Figura 51 - Nível de carga

2. O utilizador ativa as camadas de estações de carregamento, pontos de interesse e predição de distância:

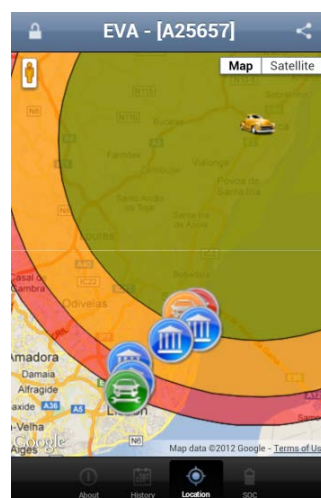
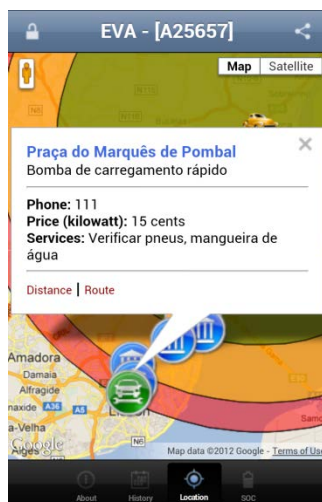


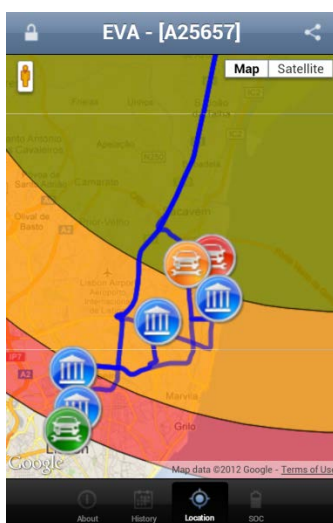
Figura 52 - Camadas de CS, POI e predição de distância

- De acordo com a localização estação de carregamento e a marcação de cores, o utilizador escolhe uma estação para carregamento. No caso de o utilizador desejar saber mais detalhe sobre a estação, de forma a selecionar um preço específico ou até querer aproveitar para depois verificar o ar dos pneus, é possível interagir com as estações de serviço, como demonstra a figura a seguir:



**Figura 53 - Detalhes da estação de carregamento**

- Depois de escolher qual a estação de carregamento pretendida é apenas necessário selecionar “Route” de forma a calcular uma rota otimizada desde a localização atual até à estação em questão. É representada uma rota no mapa, sendo que a posição do carro é atualizada ao segundo, permitindo utilizar a aplicação como *software* de navegação. A figura apresentada em seguida ilustra o cenário descrito:



**Figura 54 - Múltiplas rotas para estação de carregamento**

## 5.4. Cenário 4: Análise de Histórico

Este cenário reflete um condutor que pretende tentar compreender a forma como determinados fatores podem afetar o consumo de seu veículo elétrico.

De forma a avaliar os vários eventos diários é necessário recorrer ao ecrã de histórico, sendo que a janela de representação deste tem granularidade diária.

Observando os vários pontos no mapa e respetivo estado de carga nos mesmos, o utilizador pode relacionar determinado picos de consumos com determinadas circunstâncias desse dia, como por exemplo a ocorrência de trânsito, o facto de ter chovido, de ter realizado uma determinada deslocação de forma mais rápida, ter parado o veículo no centro comercial, entre outros.

Desta forma é possível determinar de forma empírica alguns comportamentos que levam ao maior consumo de carga do veículo elétrico. As figuras a seguir são um exemplo da representação de eventos diários, com respetiva morada, hora da ocorrência e estado de carga do veículo elétrico:

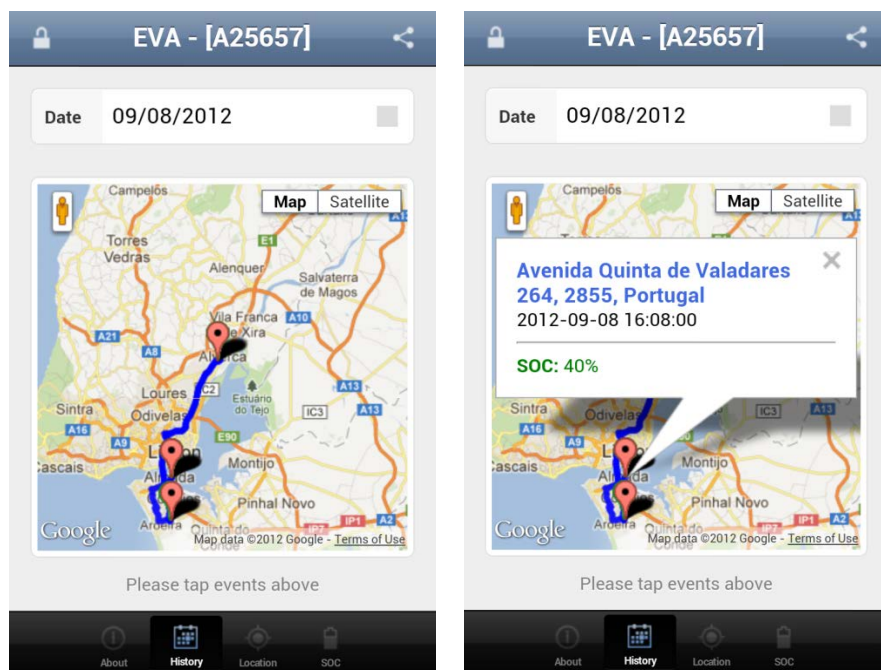


Figura 55 - Histórico de eventos

## 6. Conclusão

Os veículos elétricos para serem adotados em massa como uma alternativa aos veículos de combustíveis fósseis necessitam de uma estrutura de apoio que permita eliminar a principal desvantagem que apresentam comparativamente aos anteriores, que é a menor autonomia devido à atual tecnologia usada nas baterias.

Portugal, como país pioneiro da mobilidade elétrica, já iniciou a instalação de uma rede de pontos de carregamento integrada e vai ser dos primeiros países a receber os veículos elétricos de nova geração. A aposta na mobilidade elétrica visa, simultaneamente, objetivos energéticos – redução da dependência energética externa de combustíveis fósseis, que deterioram substancialmente a balança comercial do País, ambientais – redução da poluição atmosférica e das emissões de CO<sub>2</sub>, em particular, bem como a redução dos níveis de ruído, que contribuem para a melhoria da qualidade de vida das cidades, e económico-sociais – redução da fatura de mobilidade das famílias e empresas que optem por esta solução alternativa de mobilidade.

O avanço tecnológico nos veículos elétricos irá possibilitar aos utilizadores conhecerem os postos de carregamento mais próximos, planearem a viagem e fazerem reservas nesses mesmos postos de carregamento, recorrendo às tecnologias de informação e comunicação suportadas pela internet.

Neste projeto o principal objetivo é ajudar os condutores na utilização diária do veículo elétrico, agindo de forma pró-ativa e conseqüentemente ajudar no desenvolvimento e generalização da sua utilização. Para esse efeito foi desenvolvido um sistema que tem como enfoque principal o tema de redução da ansiedade do condutor, face à incerteza de durabilidade da carga do veículo. Esta ansiedade é causada pela ausência de mecanismos que permitam de calcular de forma exata a distância possível de percorrer, tendo em conta o estado de carga atual do veículo.

As principais dificuldades na realização do sistema EVA estão relacionadas com o facto de não haver atualmente um módulo no veículo que faça a comunicação necessária

via internet com EVA Server, sendo que este foi simulado na própria aplicação cliente, onde os valores da carga e velocidade são gerados aleatoriamente tendo por base um padrão simples. Estas dificuldades estendem-se ao facto de não ser viável fazer testes reais massivos de deslocamentos distintos por vários condutores, sendo que os eventos foram introduzidos manualmente, onde a única preocupação é manter o mínimo de coerência entre os valores.

A inserção manual de eventos tem um problema que não é trivial de ultrapassar, que está relacionado com potenciais eventos “estranhos”, ou seja, eventos que fogem aos padrões espectáveis e podem afetar o modelo de predição de forma não desejada. Foram implementadas algumas verificações sobre o processamento de eventos provenientes do veículo e do dispositivo móvel, de forma a filtrar situações inválidas e manter a coerência dos valores obtidos nos cálculos realizados.

Outra questão que se revelou interessante de resolver está relacionada com as particularidades de interoperabilidade associadas ao uso de tecnologias de diferentes fabricantes, que não são diretamente possíveis de integrar. Neste caso foi necessário encontrar um protocolo comum entre ambas, de forma a invocar as funcionalidades expostas. A escolha do protocolo SOAP (*Simple Object Access Protocol*) deve-se ao facto de haver um suporte muito extenso por um conjunto de tecnologias, o que aumenta a possibilidade de compatibilidade e escalabilidade de funcionalidades.

Em relação à escolha de tecnologias, esta esteve muito condicionada ao conjunto de funcionalidades que eram pretendidas de implementar, incluindo mecanismos de autenticação, gestão de sessões, compatibilidade entre plataformas, suporte das comunidades, facilidade de utilização, conhecimento *a priori* sobre as tecnologias, entre outras questões.

O sistema implementado teve inspiração em conceitos de sistemas de recomendação, os quais foi fácil encontrar informação e as diversas áreas de utilização, existindo uma série de modelos de implementação e casos de sucesso. A sua utilização no sistema EVA demonstrou apenas parte de toda a sua potencialidade de utilização neste contexto e fará parte do trabalho futuro o aprofundar do estudo de um modelo de recomendação mais complexo e otimizado para o cenário em causa.

# 7. Trabalho Futuro

O caso Português é único a nível mundial tendo em conta que a maioria dos países estão a criar uma rede de pontos de carregamento em algumas cidades, Portugal está a implementar uma rede integrada de pontos de carregamentos a nível nacional. Isto pode colocar o nosso país na linha da frente na investigação da mobilidade elétrica e sua interação com a rede e criar oportunidades na indústria, numa altura em que o país pode entrar em recessão.

A elaboração deste trabalho torna claro existir um grande potencial de desenvolvimento e crescimento da área em questão. A componente cliente e também a servidora podem interagir com um conjunto grande de sistemas externos que disponibilizam diferentes tipos de informação e funcionalidades expostas, de forma a melhorar as predições de autonomia, tendo em conta que com o aumento de parâmetros de entrada do sistema é espectável que o resultado final seja mais preciso.

Existe margem de otimização para as predições calculadas e será possível a utilização de motores de aprendizagem automática ou de inteligência artificial. O objetivo principal deste trabalho não foi otimizar as predições, nem explorar exaustivamente quais os parâmetros que podem ser utilizados como entrada do sistema, mas sim identificar qual a informação que poderá contribuir para uma predição de autonomia e distância fiáveis.

Em termos de novos desenvolvimentos, podem ser introduzidas algumas melhorias futuras em termos de interface de utilização podem ser por exemplo:

- **Pontos de interesse pessoais** - Permitir ao utilizador introduzir os seus próprios pontos de interesse, como por exemplo o seu emprego e a sua casa, de forma a poder referir os mesmos para cálculos de rotas
- **Pesquisa de CS e POI** – Introduzir a possibilidade de pesquisar estações de carregamento e pontos de interesse, por nome ou por características dos mesmos, como por exemplos preços ou serviços disponíveis

- **Histórico mais detalhado** – Atualmente a informação associada a um evento de histórico é a localização, data e hora da ocorrência e estado de carga do veículo. A introdução de mais informação associada a cada um dos eventos pode melhorar a análise de histórico, informação como a velocidade média, o clima, a inclinação média, informação sobre trânsito, ou qualquer outro parâmetro de entrada que possa ser considerado para o cálculo da predição.
- **Integração mais profunda** – Tendo em conta o facto de a aplicação cliente ter como dispositivo alvo principal os *smartphones*, faz sentido tirar partido das capacidades nativas dos mesmos, de forma a realizar operações como por exemplo agendamentos de carregamento por envio de *Mail/Messaging/SMS* ou telefone, pagamento de carregamentos ou loja de outros artigos de conveniência por *Bluetooth/NFC/WiFi*, entre outros.

# 8. Bibliografia

- [1] *The Electric Car, Unplugged*, <http://www.nytimes.com/2012/03/25/sunday-review/the-electric-car-unplugged.html> (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [2] C. C. Chan, K. T. Chau, *Modern Electric Vehicle Technology*, Oxford University Press, 2001 (ISBN 0198504160, 9780198504160)
- [3] James Larminie, John Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*, John Wiley & Sons, 2012 (ISBN 111836113X, 9781118361139)
- [4] EuroNews. *Electric car recharging deal for Portugal*, <http://www.euronews.com/2008/07/09/electric-car-recharging-deal-for-portugal> (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [5] Diário da República, *Decreto-Lei n.º 39/2010* (26 de Abril de 2010)
- [6] betterplace. *the global provider of EV networks and services*, <http://www.betterplace.com> (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [7] MOBI.E Mobilidade Elétrica, <http://www.mobi-e.pt> (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [8] Wikipedia, Electric vehicle battery, [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_car\\_batteries](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_batteries) (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [9] Eliseo Berni Reategui e Sílvio César Cazella, *Sistemas de Recomendação*, XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação
- [10] GE Energy Management, *Soluções para Carregamento de Veículos Elétricos*, <http://www.geindustrial.com> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

- [11] MOBI.E Luís Reis, *Modelo E Sistema De Carregamento Para Veículos Eléctricos Em Portugal*, *Seminário Mobilidade Eléctrica: O Veículo*, 8 de Março de 2010
- [12] EDP António Vidigal, *Mobilidade Eléctrica*, Aveiro, 4 de Outubro de 2010
- [13] MOBI.E, *Formas de Carregamento de Veículos Eléctricos em Portugal*, Sociedade Gestora De Operações Da Rede De Mobilidade Eléctrica – SGORME, 18 de Agosto de 2011
- [14] Exame Informática, *Carros eléctricos em Portugal? Só em 2030*, <http://exameinformatica.sapo.pt/noticias/mercados/2011/11/23/carros-eletricos-em-portugal-so-em-2030#ixzz1itvlclso> (visto em Agosto de 2012)
- [15] Universidade Estadual de Maringá, *Sistemas de Recomendação - Uma abordagem geral*
- [16] betterplace, *Shai Agassi: A bold plan for mass adoption of electric cars*, [http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=FcoJt2KLC9k](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=FcoJt2KLC9k) (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [17] Joao C. Ferreira, Vitor Monteiro and João Afonso, *Data Mining Approach for Range Prediction of Electric Vehicle*, Conference on Future Automotive Technology Focus Electromobility, 26/27 de Março 2012, Garching - Germany
- [18] Mozilla Developer Network, *JavaScript Reference*, <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/JavaScript/Reference> (visto em Agosto de 2012)
- [19] Sencha Docs, *Touch 2.1*, <http://docs.sencha.com/touch/2-0> (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [20] Sencha Docs, *Touch Charts 2.0 Beta*, <http://docs.sencha.com/touch-charts/1-0> (visto em 8 de Dezembro de 2012)
- [21] Oracle, *Java*, <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api> (visto em 8 de Dezembro de

2012)

[22] Spring Projects, *Spring Framework*, <http://www.springsource.org/spring-framework#documentation> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[23] Spring Projects, *Spring Security*, <http://www.springsource.org/spring-security#documentation> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[24] JBoss Community, *Hibernate*, <http://www.hibernate.org> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[25] eclipse, *AspectJ Project*, <http://eclipse.org/aspectj> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[26] Oracle, *GlassFish - Open Source Application Server*, <http://glassfish.java.net> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[27] Microsoft, *Visual C# Resources*, <http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/hh341490.aspx> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[28] Microsoft, *SQL Server 2012*, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms130214.aspx> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[29] Wikipedia, *Simple Object Access Protocol (SOAP)*, <http://en.wikipedia.org/wiki/SOAP> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[30] Google, *google-gson - A Java library to convert JSON to Java objects and vice-versa*, <http://code.google.com/p/google-gson> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[31] W3C, *Web Services Description Language (WSDL)*, <http://www.w3.org/TR/wsdl> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[32] W3C, *Extensible Markup Language (XML)*, <http://www.w3.org/XML> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[33] W3C, *HyperText Markup Language (HTML) v5*,  
<http://dev.w3.org/html5/spec/single-page.html> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[34] Wikipedia, *Model–View–Controller (MVC)*,  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93controller> (visto em 8 de Dezembro de 2012)

[35] Samuel Alexandre Magarreiro Granadeiro, *Controlo de Motor Assíncrono Aplicado a Veículos Eléctricos*, Dissertação apresentada na Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e Computadores

# Anexo A

## Estrutura do Projeto (hierarquia de pastas):

- **“EVA\EVA Database”** – Scripts de criação e população da Base de Dados para *Microsoft SQL Server 2012*.
- **“EVA\EVA Intelligence”** – Componente “Servidor Aplicacional” onde estão incluídos os processos de predição e *Web Service* de integração com os mesmos. Cada uma das pastas contém um projeto *Microsoft Visual Studio 2010/12*, onde está contido o código dos *Integration Services*, *Analysis Services* e *Windows Communication Foundation*. Os três projetos estão agregados numa *Solution*.
- **“EVA\EVA Portal”** – Componente “Servidor Web” onde está incluído todo o código do portal e da aplicação cliente. O ambiente de desenvolvimento utilizado foi o “IntelliJ IDEA 11”, sendo que o ficheiro “EVA Portal.iml” representa o projeto da aplicação.